

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS TÉCNICO DE  
ASIGNACIÓN DE ESPECTRO DE TELEVISIÓN EN LA HERRAMIENTA WEB  
“SISTEMA DE SIMULACIÓN EN LÍNEA” DE LA AGENCIA NACIONAL DEL  
ESPECTRO (ANE).**

**JUAN CARLOS VALDERRAMA CAMARGO**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA**

**FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO**

**INGENIERIA ELECTRONICA**

**SOGAMOSO**

**2017**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE ANÁLISIS TÉCNICO DE  
ASIGNACIÓN DE ESPECTRO DE TELEVISIÓN EN LA HERRAMIENTA WEB  
“SISTEMA DE SIMULACIÓN EN LÍNEA” DE LA AGENCIA NACIONAL DEL  
ESPECTRO (ANE).**

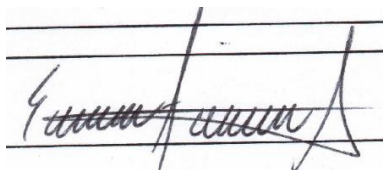
**JUAN CARLOS VALDERRAMA CAMARGO**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

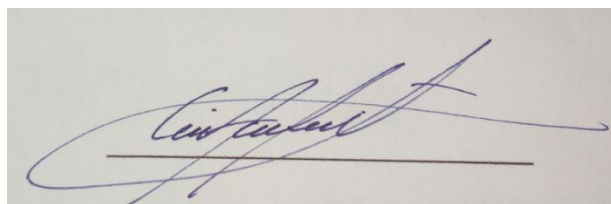
**DIRECTOR: INGENIERO EDISON FERNEY ANGARITA MALAVER  
PROFESOR AUXILIAR**

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA  
FACULTAD SEDE SECCIONAL SOGAMOSO  
INGENIERIA ELECTRONICA  
SOGAMOSO  
2017**

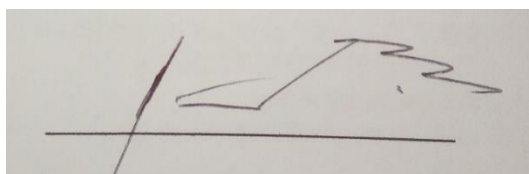
Nota aceptación

A handwritten signature in black ink, written over three horizontal lines. The signature is stylized and appears to be "Gonzalez".

DIRECTOR

A handwritten signature in blue ink, written over a single horizontal line. The signature is stylized and appears to be "Cristian".

JURADO 1

A handwritten signature in black ink, written over a single horizontal line. The signature is stylized and appears to be "J. M.". There is a vertical line crossing the horizontal line on the left side of the signature.

JURADO2

Sogamoso 25 de agosto de 2017

Copyright © 2017 por TES América Andina SAS y la Agencia Nacional del Espectro ANE.

Todos los derechos reservados.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia por brindarme el apoyo necesario para poder culminar con éxito el proceso para obtener mi título de ingeniero.

Expreso mi gratitud a las personas y dependencias de la universidad pedagógica y tecnológica de Colombia que de una u otra manera hicieron parte activa en mi proceso de formación profesional y personal dentro de la institución. A TES américa andina SAS por brindarme la oportunidad de realizar mi práctica empresarial en dicha empresa, en especial al área de soporte y desarrollo de la misma.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1. GENERALIDADES.....	13
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD EMPRESARIAL .....	13
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo general. ....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
2. FUNDAMENTOS TEORICOS .....	15
2.1 METODOLOGIAS PARA DESARROLLO DE SOFTWARE .....	15
2.1.1 Metodologías tradicionales.....	16
2.1.1.1 CMMI. ....	17
2.1.1.2 RUP.....	19
2.1.1.3 MSF.....	19
2.1.2 Metodologías ágiles.....	20
2.1.2.1 SCRUM.....	21
2.1.2.2 XP.....	23
2.1.2.3 Crystal methodologies. ....	24
2.2 ESPECTRO RADIOELECTRICO EN COLOMBIA .....	25
2.2.1 Atribución de frecuencias en Colombia. ....	25
2.2.2 Bandas VHF y UHF en Colombia.....	27
2.2.3 Televisión en Colombia. ....	27
2.2.3.1 Plan de distribución de canales servicio de radiodifusión de televisión. 27	
2.3 APLICACIONES WEB .....	28
2.3.1 Arquitecturas de tres capas.....	29
3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	31
3.1 SISTEMA DE SIMULACIÓN EN LÍNEA.....	31
3.2 REQUERIMIENTOS .....	32
3.2.1.1 Herramienta simulación servicio punto-multipunto. ....	32

3.2.1.2	Herramienta análisis de ingeniería servicio de televisión. ....	32
3.2.1.3	Soporte y mantenimiento. ....	33
3.3	DISEÑO Y DESARROLLO DE LOS REQUERIMIENTOS.....	33
3.3.1	Capa de presentación ui.....	33
3.3.2	Capa de negocios bll. ....	33
3.3.2.1	Herramienta simulación servicio punto-multipunto. ....	33
3.3.2.2	Herramienta análisis de ingeniería servicio de televisión. ....	33
3.3.3	Capa de datos dal. ....	34
3.3.3.1	Herramienta simulación servicio punto-multipunto. ....	34
3.3.3.2	Herramienta análisis de ingeniería servicio de televisión. ....	34
3.4	METODOLOGIA .....	34
3.5	APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA .....	35
3.5.1	Requerimiento inicial. ....	36
3.5.1.1	Tareas. ....	36
3.5.2	Requerimiento 2. ....	36
3.5.2.1	Tareas. ....	36
3.5.3	Requerimiento 3. ....	36
3.5.3.1	Tareas. ....	36
3.5.4	Requerimiento 4. ....	37
3.5.4.1	Tareas. ....	37
4.	RESULTADOS DEL PROYECTO .....	38
4.1	MODULO ANALISIS DE INGENIERÍA SERVICIO DE TELEVISIÓN .....	38
4.2	SIMULACIÓN DE COBERTURAS.....	42
4.2.1	Gestión de red. ....	43
4.2.1.1	Adicionar/Ver/Editar objeto. ....	43
4.2.1.2	Modificar objetos.....	43
4.2.1.3	Mapear objetos seleccionados. ....	44
4.2.1.4	Validar plan de canalización. ....	44
4.2.1.5	Actualizar msnm. ....	44
4.2.1.6	Calcular pra. ....	45
4.2.1.7	Calcular haat.....	45

4.2.1.8	Matriz itu-r p.1546-4.....	45
4.2.1.9	Potencia recibida (dl).....	46
4.2.1.10	Polígonos cubiertos.....	46
4.2.1.11	Importar estaciones existentes.....	47
4.2.1.12	Posibles interferidos.....	48
4.2.1.13	Posibles interferentes.....	48
4.2.1.14	Intensidad de campo.....	49
4.2.1.15	Crear contorno cobertura.....	49
4.2.1.16	Potencia recibida (ul).....	50
4.3	soporte y mantenimiento técnico .....	51
5.	CONCLUSIONES.....	53
	LISTA DE ACRONIMOS.....	55
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
	ANEXOS.....	58
	ANEXO TECNICO.....	58



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diferencias entre metodologías ágiles y tradicionales. ....	16
Tabla 2. Plan de distribución de canales servicio radiodifusión de televisión en Colombia.....	28
Tabla 3. Estructura básica de la PB en el proyecto.....	35
Tabla 4. Resumen soporte técnico Sistema de simulación en Línea.....	52
Tabla 5. Tipos de fallas. ....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparación metodologías desarrollo de software. a) Ciclos de vida b) costos de cambio. ....	16
Figura 2. Niveles de madurez CMM.....	18
Figura 3. RUP fases y disciplinas.....	19
Figura 4.Ciclo de vida de un proyecto MSF.....	20
Figura 5.Marco de SCRUM. ....	23
Figura 6. Ciclo XP. ....	24
Figura 7. Clasificación Crystal methodologies.....	25
Figura 8. Regiones y zonas para atribución de bandas de frecuencia. ....	26
Figura 9.Ejemplo implementación del CNABF en Colombia.....	26
Figura 10. Esquema básico de una aplicación web. ....	29
Figura 11. Arquitectura de 3 capas de una aplicación web.....	30
Figura 12. Arquitectura de 3 capas de una aplicación web en PHP.....	30
Figura 13.Arquitectura de la herramienta web Sistema de Simulación en Línea...	32
Figura 14.Menu de inicio herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.....	38
Figura 15.Ventana inicio modulo televisión herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.....	38
Figura 16.Ventana crear estación herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador. ....	39
Figura 17.Ventana error crear estación herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador. ....	40
Figura 18. CCTR estación análoga modulo TV herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.....	41
Figura 19.CCTR estación digital modulo TV herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.....	41
Figura 20.Menu de inicio herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Operador Mixto. ....	42
Figura 21.Ventana módulo de simulación Sistema de Simulación en Línea. ....	42
Figura 22.Ventana modificar objeto Sistema de Simulación en Línea.....	43
Figura 23.Ventana mapa de Sistema de Simulación en Línea.....	44

Figura 24.Ventana Validar plan canalización de Sistema de Simulación en Línea.	44
Figura 25.Ventana matriz itu-r p.1546-4 de Sistema de Simulación en Línea.....	45
Figura 26.Potencia recibida DL en Sistema de Simulación en Línea.....	46
Figura 27.Poligonos cubiertos en Sistema de Simulación en Línea.....	47
Figura 28. Importar estaciones existentes en Sistema de Simulación en Línea. ...	48
Figura 29.Posibles interferidos por la estación en Sistema de Simulación en Línea.	48
Figura 30.Posibles interferentes de la estación en Sistema de Simulación en Línea.	49
Figura 31.Intensidad de campo de la estación en Sistema de Simulación en Línea.	49
Figura 32.Contorno de cobertura de la estación en Sistema de Simulación en Línea.	50
Figura 33.Potencia recibida UL de la estación en Sistema de Simulación en Línea.	51

## INTRODUCCIÓN

TES América andina SAS es una empresa de tecnología que desde el año 1999 ofrece servicios especializados de ingeniería y desarrolla e integra soluciones a la medida para la industria de las radiocomunicaciones y para la gestión del espectro radioeléctrico. Su nicho de mercado está orientado a los operadores de telecomunicaciones, a la radiodifusión y a los entes reguladores (tesamerica.com.co, 2017). La innovación en TES América andina SAS se fundamenta en la investigación y el desarrollo aplicado y para ello mantiene una larga y estrecha relación de cooperación con grupos de investigación y universidades, ya sea por medio del patrocinio de proyectos, de convenios con grupos de investigación o mediante la financiación brindada en diferentes proyectos por COLCIENCIAS. Por tanto, este trabajo se enmarca dentro de una consulta científico tecnológica llevada a cabo por el Grupo de Investigación en Telecomunicaciones GINTEL en el marco del convenio No. 146 "Convenio marco de cooperación interinstitucional entre la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC y TES América Andina LTDA."

Entre los clientes que maneja TES América andina SAS se encuentra la Agencia Nacional del Espectro (ANE), entidad que realiza la planeación, atribución, vigilancia y control del Espectro Radioeléctrico en Colombia. La ANE cuenta con la herramienta web Sistema de Simulación en Línea la cual sirve para determinar de una forma más precisa las frecuencias que los operadores requieren, facilitando con ello el acceso al uso del espectro y minimizando los tiempos de realización de estudios de viabilidad técnica que efectúa la ANE, garantizando la confiabilidad de la información remitida por los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones (PRST). El Sistema de Simulación en Línea requiere un periodo de revisión, monitoreo y actualización por tratarse de un software que ha sido individualizado de conformidad con las necesidades de la entidad, persiguiendo que se adecue de acuerdo con los requerimientos de la ANE, los cuales pueden ser cambiantes debido a la necesidad del servicio.

Este trabajo presenta el proceso mediante el cual TES América andina SAS incorporo a la herramienta web Sistema de Simulación en Línea la posibilidad de simular el servicio punto-multipunto y la automatización para el análisis de ingeniería del servicio de televisión con base en los parámetros técnicos usados por la ANE además del soporte y mantenimiento técnico realizado a la herramienta. En el capítulo 1 se describe la necesidad empresarial y se listan los objetivos de este trabajo, en el capítulo 2 se muestra el marco teórico, en el capítulo 3 se describe la metodología de desarrollo de software implementada en la realización de este trabajo y en el capítulo 4 se muestran los resultados obtenidos al realizar el lanzamiento de la nueva versión de la herramienta web sistema de simulación en línea.

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD EMPRESARIAL**

TES América andina SAS tiene como principal objetivo brindar un apoyo estratégico en la planeación, asignación, optimización y control del espectro radioeléctrico en economías emergentes. TES américa andina SAS es el representante exclusivo para Colombia de la empresa francesa ATDI y como tal, cuenta con respaldo y soporte para distribuir, revender, instalar, enseñar y soportar sus plataformas.

Con la expedición de la ley 1341 de 2009 se creó la ANE, como una unidad administrativa especial de orden nacional, adscrita al ministerio de TIC. Posteriormente el decreto 4169 de 2011, modificó la naturaleza jurídica de la ANE a una unidad administrativa especial de orden nacional, con personería jurídica, autonomía técnica, administrativa, financiera y patrimonio propio, adscrita al ministerio TIC, cuyo objeto es brindar el soporte técnico para la gestión y la planeación, la vigilancia y control del espectro radioeléctrico. El decreto 093 de 2010, establece que la ANE, por medio de la subdirección de gestión y planeación, debe estudiar y tramitar las solicitudes relacionadas con el uso del espectro radioeléctrico. En ese sentido, el decreto 4169 de 2011, le confiere a la ANE la elaboración de los cuadros de características técnicas de la red (CCTR) para el otorgamiento de permisos para el uso del espectro que entrega el ministerio de TIC. Con base en lo estipulado en la mencionada ley, el ministerio de TIC adoptó en 2015 la política de espectro, propuesta por la ANE, la cual en su estrategia “Potencializar y democratizar el uso del portal de espectro visible para la optimización de los procesos relativos a su administración” busca continuar con lo dispuesto en el modelo de política de espectro de 2012 que incluía dentro de sus estrategias la del “PORTAL DE ESPECTRO VISIBLE”.

Por lo anterior la ANE diseñó y puso a disposición del sector la herramienta web denominada “Sistema de Simulación en Línea”, la cual permite a los usuarios interesados determinar de manera anticipada la disponibilidad del espectro, ya que pueden realizar simulación de potenciales interferencias en las frecuencias que requieran, definiendo con un alto grado de certeza si existe o no alguna interferencia. La implementación de dicho sistema, en su primera etapa permite a los titulares de permisos de redes punto a punto (operadores de radioenlaces de microondas) realizar simulaciones utilizando la base de datos de espectro asignado. Dicha implementación fue realizada por TES América Andina SAS. El Sistema de Simulación en Línea es una aplicación web soportada en el software Spectrum-E© de la empresa ATDI (Atdi.com, 2017).

Posteriormente la ANE busca expandir la aplicación al servicio punto-multipunto (frecuencias para cubrimiento) y automatizar el análisis de ingeniería del servicio de televisión con el propósito de lograr mayor eficiencia, en las labores a cargo de la ANE en lo concerniente a estos servicios además de garantizar un funcionamiento

más preciso del sistema, mejorar las capacidades, realizar actualizaciones, así como llevar a cabo una constante revisión y afinación de los distintos elementos y funcionalidades que lo componen por tratarse de un software. Por ello la ANE contacto a TES américa Andina SAS para llevar a cabo la actualización del sistema de simulación en Línea.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general.**

Incorporar a la aplicación web Sistema de Simulación en Línea de la agencia nacional del espectro (ANE) la opción de simular coberturas y realizar estudios de análisis de interferencia para las bandas VHF/UHF. Además de una herramienta para el control y análisis técnico de asignación de espectro de televisión, acorde con los lineamientos de la estrategia del Programa de Gobierno en Línea, con presentación gráfica ajustada al propósito de la ANE.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- Implementar en el módulo de simulación de la herramienta web Sistema de Simulación en Línea la opción de simular coberturas y realizar estudios de interferencia para el servicio punto-multipunto, con los parámetros usados por la ANE para determinar las frecuencias a utilizar, su área de cobertura y las potenciales interferencias con base en los datos de espectro asignado.
- Desarrollar un módulo para automatizar el análisis de ingeniería del servicio de televisión en la herramienta web Sistema de Simulación en Línea de acuerdo a las necesidades de la ANE.
- Prestar el soporte y mantenimiento técnico a la herramienta web “Sistema de Simulación en Línea” 5x8 (de lunes a viernes), solucionando los problemas de funcionamiento de la misma.

## **2. FUNDAMENTOS TEORICOS**

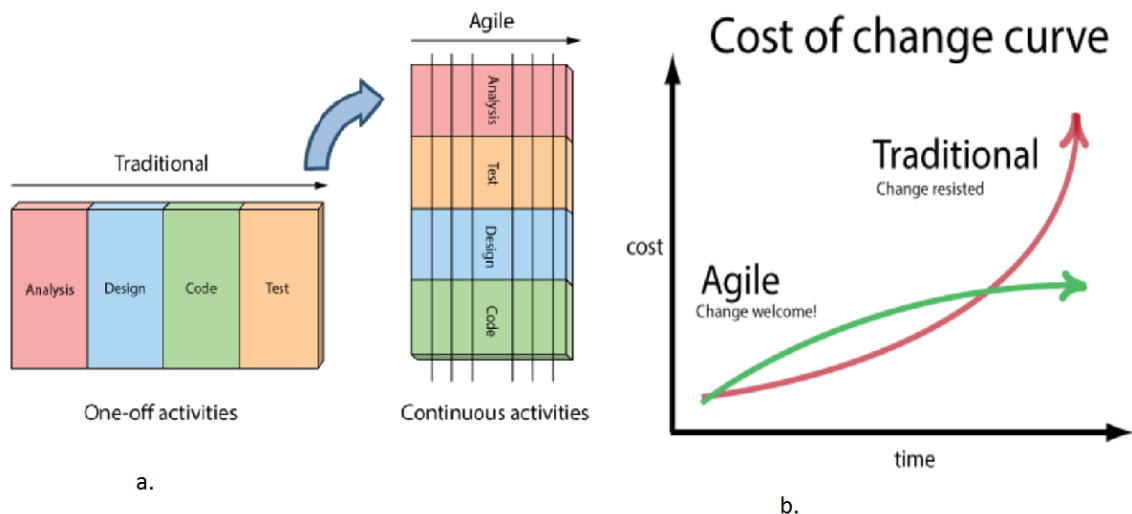
### **2.1 METODOLOGIAS PARA DESARROLLO DE SOFTWARE**

Una metodología para el desarrollo de software comprende los procesos a seguir sistemáticamente para idear, implementar y mantener un producto software desde que surge la necesidad del producto hasta que cumplimos el objetivo por el cual fue creado. El desarrollo de software no es una tarea fácil. Prueba de ello es que existen numerosas propuestas metodológicas que inciden en distintas dimensiones del proceso de desarrollo. Por una parte, tenemos aquellas propuestas más tradicionales que se centran especialmente en el control del proceso, estableciendo rigurosamente las actividades involucradas, los artefactos que se deben producir, y las herramientas y notaciones que se usarán. Estas propuestas han demostrado ser efectivas y necesarias en un gran número de proyectos, pero también han presentado problemas en muchos otros. Una posible mejora es incluir en los procesos de desarrollo más actividades, más artefactos y más restricciones, basándose en los puntos débiles detectados. Sin embargo, el resultado final sería un proceso de desarrollo más complejo que puede incluso limitar la propia habilidad del equipo para llevar a cabo el proyecto. Otra aproximación es centrarse en otras dimensiones, como por ejemplo el factor humano o el producto software. Esta es la filosofía de las metodologías ágiles, las cuales dan mayor valor al individuo, a la colaboración con el cliente y al desarrollo incremental del software con iteraciones muy cortas. Este enfoque está mostrando su efectividad en proyectos con requisitos muy cambiantes y cuando se exige reducir drásticamente los tiempos de desarrollo, pero manteniendo una alta calidad. Las metodologías ágiles están revolucionando la manera de producir software, y a la vez generando un amplio debate entre sus seguidores y quienes por escepticismo o convencimiento no las ven como alternativa para las metodologías tradicionales (Canós et al., 2003). En la Tabla 1 se muestra un cuadro comparativo entre metodologías tradicionales y las metodologías ágiles. La Figura 1 compara los ciclos de vida de ambas metodologías y las curvas de comportamiento de los riesgos y costos de cambios a lo largo del ciclo de vida de desarrollo en cada metodología.

**Tabla 1. Diferencias entre metodologías ágiles y tradicionales.**

<b>Metodologías Ágiles</b>	<b>Metodologías Tradicionales</b>
Basadas en heurísticas provenientes de prácticas de producción de código	Basadas en normas provenientes de estándares seguidos por el entorno de desarrollo
Especialmente preparados para cambios durante el proyecto	Cierta resistencia a los cambios
Impuestas internamente (por el equipo)	Impuestas externamente
Proceso menos controlado, con pocos principios	Proceso mucho más controlado, con numerosas políticas/normas
No existe contrato tradicional o al menos es bastante flexible	Existe un contrato prefijado
El cliente es parte del equipo de desarrollo	El cliente interactúa con el equipo de desarrollo mediante reuniones.
Grupos pequeños (<10 integrantes)	Grupos grandes posiblemente distribuidos
Pocos artefactos	Mas artefactos
Pocos roles	Mas roles
Menos énfasis en la arquitectura de software	La arquitectura de software es esencial y se expresa mediante modelos

**Figura 1. Comparación metodologías desarrollo de software. a) Ciclos de vida b) costos de cambio.**



Fuente: [http://www.agilenutshell.com/how\\_is\\_it\\_different](http://www.agilenutshell.com/how_is_it_different)

### 2.1.1 Metodologías tradicionales.

Las metodologías tradicionales buscan imponer disciplina al proceso de desarrollo de software y de esa forma volverlo predecible y eficiente. Para conseguirlo se



soportan en un proceso detallado con énfasis en planeación propio de otras ingenierías (Fowler, 2017). Se pueden citar las siguientes metodologías tradicionales en desarrollo de software: CMMI, RUP, MSF.

#### 2.1.1.1 CMMI.

Antes se debe reseñar el modelo de madurez de capacidades CMM por sus siglas en inglés, es un modelo cuyo propósito es la evaluación de la calidad de los procesos de una organización a la vez que suministra guías enfocadas a orientar a dicha organización en la mejora de los mismos, todo esto contribuye a desarrollar mejores productos. Aunque se desarrolló inicialmente para los procesos relacionados con el desarrollo e implementación de software en su evolución se ha extendido a las áreas de adquisición y de servicios.

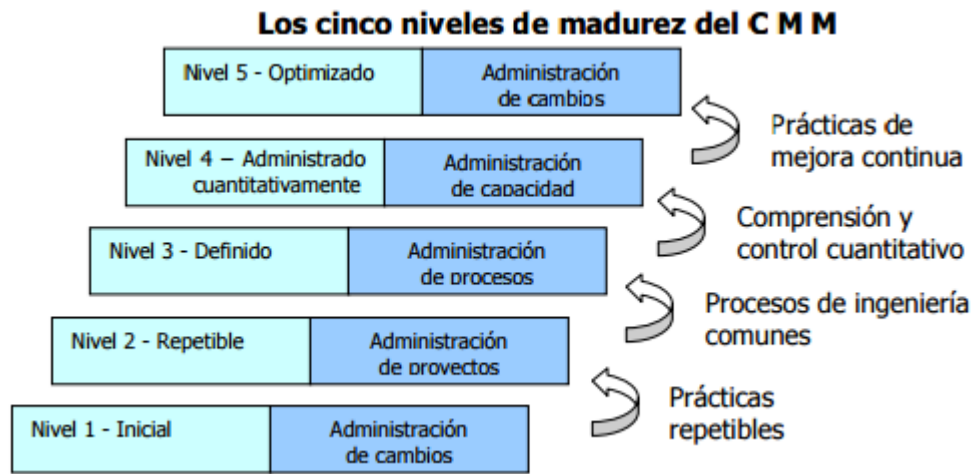
Su origen se remonta hacia el año 1986 cuando el SEI (*software engineering institute*), centro de investigación y desarrollo patrocinado por el departamento de defensa de estados unidos y gestionado por la universidad Carnegie-Mellon (Chrissis et al.,2011), inicio a trabajar en los modelos de madurez de los procesos de desarrollo de software a petición del gobierno estadounidense con el objetivo de atacar los problemas que se generaban con el software que le suministraban otras empresas: fechas de entrega extendidas, incremento del costo, liberaciones con errores etcétera (Paulk, 1993). Como resultado en el año siguiente publico el primer documento con la primera definición de estos modelos.

CMM establece un conjunto de prácticas o procesos que son fundamentales y los agrupa en áreas clave de proceso KPA (*key process area*). Para cada KPA se define un conjunto de buenas prácticas las cuales deben cumplir con las siguientes características:

- Estar definidas en un procedimiento documentado.
- Estar provistas de los medios y formación necesarios.
- Deben ser ejecutadas de un modo sistemático, universal y uniforme.
- Se deben medir.
- Se deben verificar.

Las KPA's se clasifican dentro de 5 niveles de madurez, estos se emplean para describir un camino evolutivo recomendado para que una organización busque mejorar sus procesos de desarrollo de productos o servicios (Mary Beth Chrissis, 2012). Los niveles se describen en la Figura 2.

Figura 2. Niveles de madurez CMM.



Fuente: <http://www.pmvalue.com.ar/newsletters/Newsletter%20-%20CMM.pdf>

Con el paso del tiempo y la aplicación de CMM en distintas áreas se crearon diversas versiones de CMM para cada una: *people CMM* (P-CMM), *Software acquisition CMM* (SA-CMM), *Security systems engineering CMM* (SSE-CMM), *Systems engineering CMM* (SE-CMM), *Integrated product development CMM* (IPD-CMM) entre otros. Algunas organizaciones implementan varios modelos de forma paralela lo que derivó en la oportunidad y necesidad de integrarlos para hacer más sencilla su implementación. Así surge CMMI que integra SW-CMM, IPD-CMM y SE-CMM.

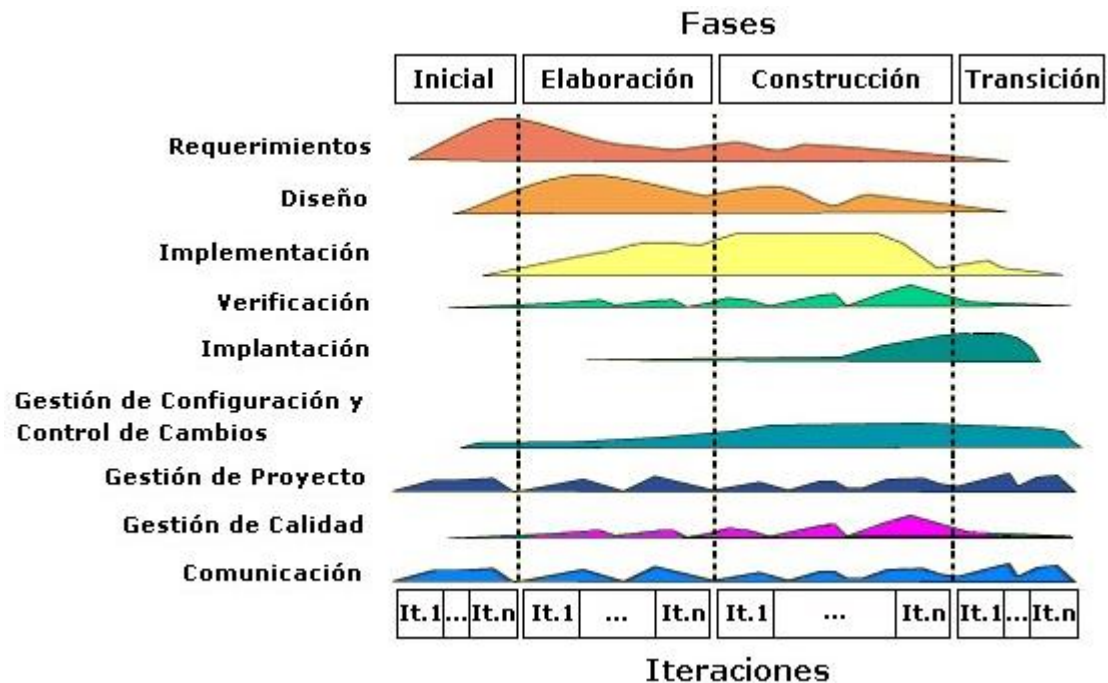
CMMI se puede implementar de dos formas: escalonada y continua. El primero se centra en la madurez de la organización presentando los 5 niveles de madurez de CMM, pero se cambian los nombres a los niveles 2 y 4; mientras que el segundo se enfoca en la mejora y control de las capacidades que se clasifican en 6 niveles que van de 0 a 5 y se presentan en orden de la siguiente manera:

- 0-Incompleto: El proceso no se realiza o no se logran los objetivos.
- 1-Ejecutado: El proceso se ejecuta y se logra su objetivo.
- 2-Gestionado: Además de ejecutarse, el proceso se planifica, se revisa y se evalúa para comprobar que cumple los requisitos.
- 3-Definido: Además de ser un proceso “gestionado” se ajusta a la política de procesos que existe en la organización, alineada con las directivas de la empresa.
- 4-Cuantitativamente gestionado: Además de ser un proceso definido se controla utilizando técnicas cuantitativas.
- 5-Optimizado: Además de ser un proceso cuantitativamente gestionado, se revisa sistemáticamente.

### 2.1.1.2 RUP.

Es considerado una metodología para el desarrollo de software que va más allá del análisis y diseño orientado a objetos con el fin de brindar un conjunto técnicas que soportan el ciclo completo de desarrollo de software, dando como resultado un proceso basado en componentes, dirigido por los casos de uso, centrado en la arquitectura, iterativo e incremental (Chacón-Córdoba, 2011). La Figura 3 muestra las características principales de RUP.

Figura 3. RUP fases y disciplinas.



Fuente: <http://ingenieriadesoftware13.blogspot.com.co/>.

El RUP está basado en seis principios clave que son los siguientes:

- Adaptar el proceso.
- Equilibrar prioridades.
- Demostrar valor iterativamente.
- Colaboración entre equipos.
- Elevar el nivel de abstracción.
- Enfocarse en la calidad.

### 2.1.1.3 MSF.

Es un compendio de las mejores prácticas en cuanto a administración de proyectos se refiere. Más que una metodología rígida de administración de proyectos, MSF es una serie de modelos que pueden adaptarse a cualquier proyecto de tecnología de información (Santimacnet's Blog, 2017). En la Figura 4 se muestran las fases y la relación con el ciclo de vida de un proyecto realizado con MSF.

Figura 4.Ciclo de vida de un proyecto MSF.



Fuente: <https://santimacnet.wordpress.com/2010/12/20/microsoft-solutions-framework-5-0-msf/>

MSF plantea 5 fases:

- Visión y alcances.
- Equilibrar prioridades.
- Desarrollo.
- Estabilización.
- Implantación.

#### 2.1.2 Metodologías ágiles.

En la década de los noventa surgieron metodologías de desarrollo de software ligeras, más adelante nombradas como metodologías ágiles, que buscaban reducir la probabilidad de fracaso por subestimación de costos, tiempos y funcionalidades en los proyectos de desarrollo de software (Fernández et al, 2013). El pilar de las metodologías ágiles son los valores y principios del manifiesto ágil que se firmó entre el 11 y el 13 de febrero de 2001 durante una reunión desarrollada en el resort Lodge en Snowbird en Utha (USA) (Uribe and Ayala, 2007). En dicha reunión 17 críticos, empresarios y desarrolladores de software convocados por Kent Beck para debatir y entender las ideas y enfoques de cada uno, como resultado nació el manifiesto ágil cuyos valores se listan a continuación:

“Estamos descubriendo formas mejores de desarrollar Software tanto por nuestra propia experiencia como ayudando a terceros. A través de este trabajo hemos aprendido a valorar:

**Individuos e interacciones sobre** procesos y herramientas

**Software funcionando sobre** documentación extensiva

**Colaboración con el cliente sobre** negociación contractual

**Respuesta ante el cambio sobre** seguir un plan

Esto es, aunque valoramos los elementos de la derecha, valoramos más los de la izquierda”. (Agilemanifesto.org, 2017).

A continuación, se listan algunas de las metodologías ágiles de desarrollo de software: SCRUM, XP, Crystal methodologies.

#### 2.1.2.1 SCRUM.

Es un marco de trabajo de procesos que ha sido usado para gestionar el desarrollo de productos complejos desde principios de los años 90. SCRUM no es un proceso o una técnica para construir productos; en lugar de eso, es un marco de trabajo dentro del cual se pueden emplear varias técnicas y procesos. SCRUM muestra la eficacia relativa de las prácticas de gestión de producto y las prácticas de desarrollo, de modo que podamos mejorar. SCRUM es

- Ligero.
- Fácil de entender.
- Extremadamente difícil de llegar a dominar.

SCRUM se basa en la teoría de control de procesos empírica o empirismo. El empirismo asegura que el conocimiento procede de la experiencia y de tomar decisiones basándose en lo que se conoce. SCRUM emplea un enfoque iterativo e incremental para optimizar la predictibilidad y el control del riesgo. Tres pilares soportan toda la implementación del control de procesos empírico: transparencia, inspección y adaptación.

El marco de trabajo SCRUM consiste en los Equipos SCRUM, roles, eventos, artefactos y reglas asociadas. Cada componente dentro del marco de trabajo sirve a un propósito específico y es esencial para el éxito de SCRUM y para su uso. Las reglas de SCRUM relacionan los eventos, roles y artefactos, gobernando las relaciones e interacciones entre ellos (Schwaber et al., 2013).

- El equipo SCRUM.

Son auto organizados, multifuncionales y entregan productos de manera iterativa e incremental, maximizando las oportunidades de obtener retroalimentación. El Equipo SCRUM consiste en un Dueño de Producto (*Product Owner*-PO), el Equipo de Desarrollo (*Development Team* -DT) y un Scrum Master (SM).

- Roles.

Se clasifican entre comprometidos e involucrados de acuerdo a la fábula del cerdo y la gallina (Keith, 2010). Los comprometidos (cerdos) son el PO, SM y el DT, aunque en ciertos aspectos el PO puede ser considerado como involucrado (gallina), entre estos roles no existe ningún nivel de jerarquía; mientras que los involucrados (gallinas) son los *stakeholders* (SH).

- PO: EL dueño del producto es el responsable de maximizar el valor del producto y del trabajo del Equipo de Desarrollo y la única persona responsable de gestionar la Lista del Producto (*Product Backlog* -PB).

- DT: El Equipo de Desarrollo consiste en los profesionales que desempeñan el trabajo de entregar un Incremento de producto Terminado, que potencialmente se pueda poner en producción, al final de cada Sprint. Solo los miembros del Equipo de Desarrollo participan en la creación del Incremento.
- SM: El SCRUM Master es el responsable de asegurar que SCRUM es entendido y adoptado. Los SCRUM Masters hacen esto asegurándose de que el Equipo SCRUM trabaja ajustándose a la teoría, prácticas y reglas de SCRUM.
- Eventos SCRUM.

Son eventos predefinidos con el fin de crear regularidad y minimizar la necesidad de reuniones no definidas en SCRUM. Todos los eventos son bloques de tiempo (*TB-time box*) de tal modo que todos tienen una duración máxima.

- Sprint: es un TB de un mes o menos durante el cual se crea un incremento de producto Terminado, utilizable y potencialmente desplegable. Los Sprints contienen y consisten de la Reunión de Planificación del Sprint (*Sprint Planning Meeting*), los SCRUMs Diarios (*Daily SCRUMs*), el trabajo de desarrollo, la Revisión del Sprint (*Sprint Review*), y la Retrospectiva del Sprint (*Sprint Retrospective*).
- Artefactos de SCRUM.

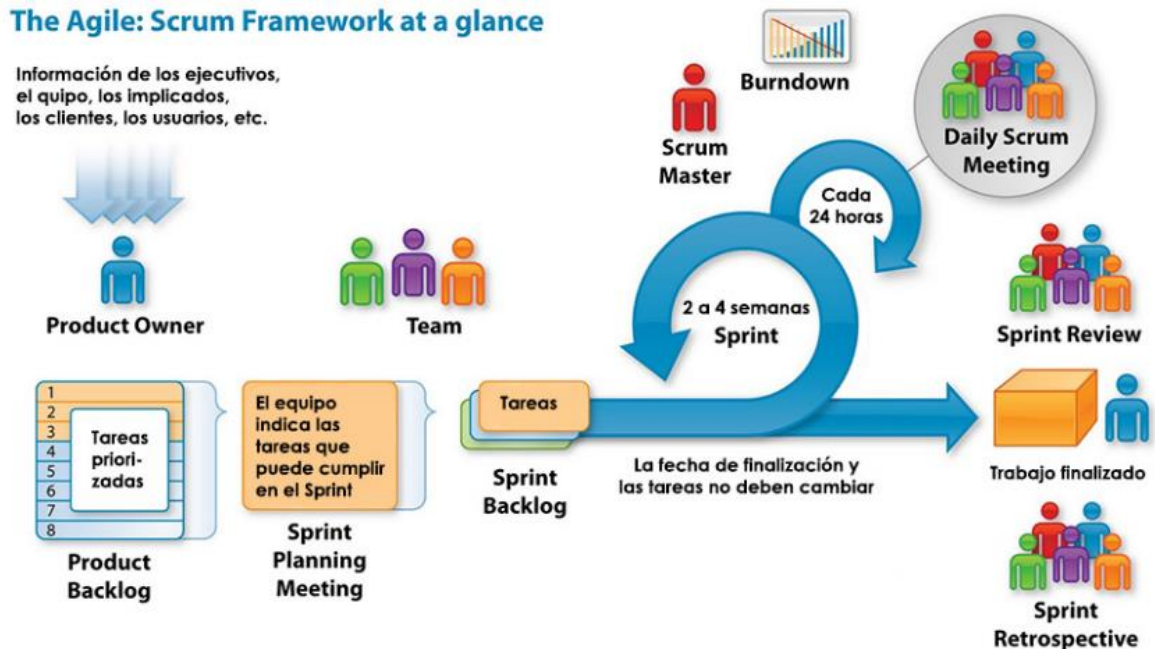
Representan trabajo o valor en diversas formas que son útiles para proporcionar transparencia y oportunidades para la inspección y la adaptación. En SCRUM se pueden listar los dos artefactos siguientes: Lista de Producto (*Product Backlog -PB*) Lista de Pendientes del Sprint (*Sprint Backlog -SB*).

- PB: es una lista ordenada de todo lo que podría ser necesario en el producto, y es la única fuente de requisitos para cualquier cambio a realizarse en el producto. EL PO es el responsable de la Lista de Producto, incluyendo su contenido, disponibilidad y ordenación. Una Lista de Producto nunca está completa. El desarrollo más temprano de la misma solo refleja los requisitos conocidos y mejor entendidos al principio. La Lista de Producto evoluciona a medida que el producto y el entorno en el que se usará también lo hacen. La Lista de Producto es dinámica; cambia constantemente para identificar lo que el producto necesita para ser adecuado, competitivo y útil. Mientras el producto exista, su Lista de Producto también existe.  
La Lista de Producto enumera todas las características, funcionalidades, requisitos, mejoras y correcciones que constituyen cambios a ser hechos sobre el producto para entregas futuras. Los elementos de la Lista de Producto tienen como atributos la descripción, la ordenación, la estimación y el valor.

- SB: es el conjunto de elementos del PB seleccionados para el Sprint, más un plan para entregar el Incremento de producto y conseguir el Objetivo del Sprint. La Lista de Pendientes del Sprint es una predicción hecha por el Equipo de Desarrollo acerca de qué funcionalidad formará parte del próximo Incremento y del trabajo necesario para entregar esa funcionalidad en un Incremento “Terminado”.

En la Figura 5 se aprecia el proceso necesario para aplicar SCRUM.

Figura 5. Marco de SCRUM.

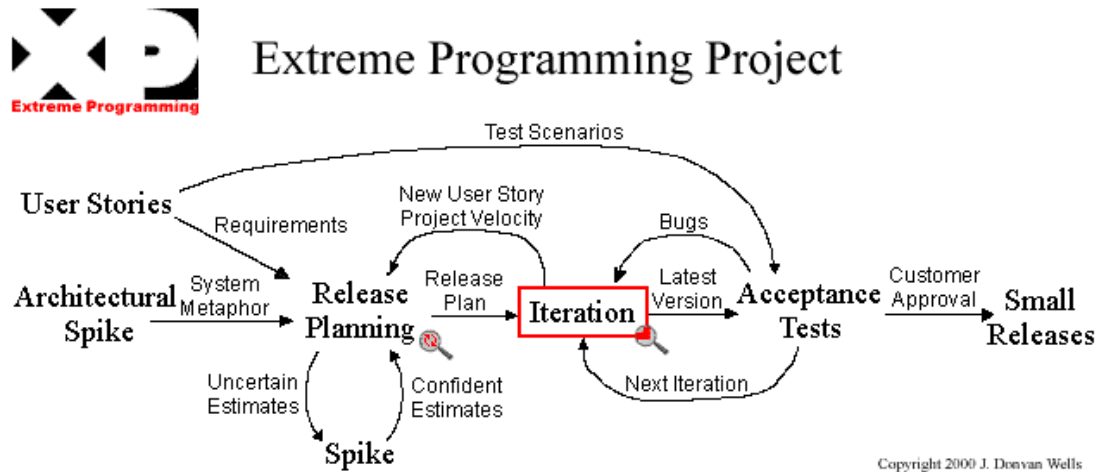


Fuente: <http://metodologiascrum.readthedocs.io/en/latest/Scrum.html>

#### 2.1.2.2 XP.

Es una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo. XP se basa en realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y coraje para enfrentar los cambios. XP se define como especialmente adecuada para proyectos con requisitos imprecisos y muy cambiantes, y donde existe un alto riesgo técnico (Extremeprogramming.org, 2017). En la Figura 6 se aprecia el proceso que se debe seguir al utilizar la metodología de desarrollo XP.

Figura 6. Ciclo XP.



Fuente: (Extremeprogramming.org, 2017)

### 2.1.2.3 Crystal methodologies.

Se trata de un conjunto de metodologías para el desarrollo de software caracterizadas por estar centradas en las personas que componen el equipo (de ellas depende el éxito del proyecto) y la reducción al máximo del número de artefactos producidos. Han sido desarrolladas por Alistair Cockburn. El desarrollo de software se considera un juego cooperativo de invención y comunicación, limitado por los recursos a utilizar. El equipo de desarrollo es un factor clave, por lo que se deben invertir esfuerzos en mejorar sus habilidades y destrezas, así como tener políticas de trabajo en equipo definidas. Estas políticas dependerán del tamaño del equipo, estableciéndose una clasificación por colores (ver Figura 7). Por ejemplo, Crystal Clear (3 a 8 miembros) y Crystal Orange (25 a 50 miembros) (Devx.com, 2017).



**Figura 7. Clasificación Crystal methodologies.**

		Crystal Methodologies				
		Clear	Yellow	Orange	Red	Maroon
Criticality of the Project	Life (L)	L6	L20	L40	L80	L200
	Essential Money (E)	E6	E20	E40	E80	E200
	Discretionary Money (D)	D6	D20	D40	D80	D200
	Comfort (C)	C6	C20	C40	C80	C200
		1 to 6	7 to 20	21 to 40	41 to 80	81 to 200
		Number of People involved in the Project				

Fuente: <https://www.linkedin.com/pulse/crystal-self-awareness-balaji-sathram-pmi-acp-csp-csm-cspo->

## 2.2 ESPECTRO RADIOELECTRICO EN COLOMBIA

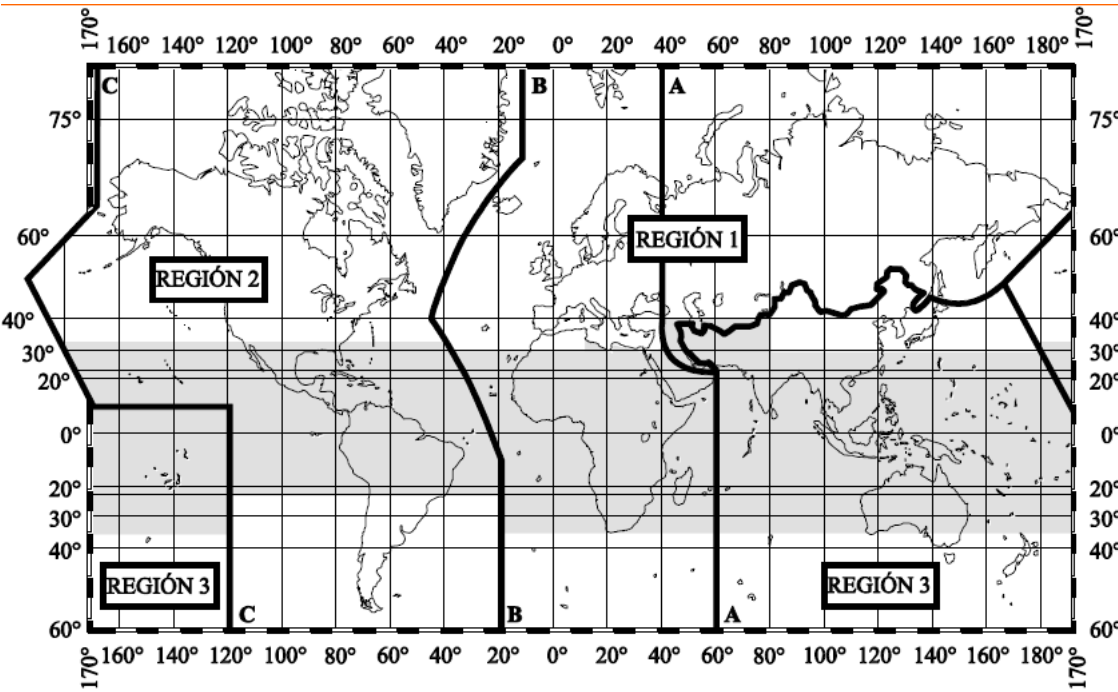
El espectro radioeléctrico es un recurso natural conformado por el conjunto de ondas electromagnéticas cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial. Es propiedad exclusiva del Estado y como tal constituye un bien de dominio público, inajenable e imprescriptible, cuya gestión, administración, vigilancia y control corresponden a la Agencia Nacional del Espectro de conformidad con las leyes y decretos vigentes.

Las facultades de gestión y administración del espectro radioeléctrico, comprenden entre otras, las actividades de planeación, coordinación y establecimiento del cuadro de atribución de frecuencias (CNABF), este último, permite que los diferentes servicios de radiocomunicación del país, operen en bandas de frecuencias definidas previamente para cada uno de ellos, con el fin de asegurar su operatividad, minimizar la probabilidad de interferencias objetables y permitir la coexistencia de servicios de telecomunicaciones dentro de una misma banda de frecuencias, cuando sea del caso. Por lo tanto, la asignación siempre debe coincidir con la atribución de este cuadro (ANE, 2016).

### 2.2.1 Atribución de frecuencias en Colombia.

Desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias, se ha dividido el mundo en tres Regiones indicadas en el siguiente mapa de la Figura 8, Colombia pertenece a la Región 2.

Figura 8. Regiones y zonas para atribución de bandas de frecuencia.



Fuente: (ANE, 2016)

Con base en ello la disposición CNABF será la que se muestra en el ejemplo de la Figura 9

Figura 9.Ejemplo implementación del CNABF en Colombia.

Unidad	Región 2	Colombia	Notas nacionales
MHz	150,05 - 154 FIJO MÓVIL  5.225	150,05 - 154 FIJO MÓVIL  5.225	CLM 5 CLM 7 CLM 28
MHz	154 - 156,4875 FIJO MÓVIL  5.226	154 - 156,4875 FIJO MÓVIL  5.226	CLM 3 CLM 5 CLM 7 CLM 28 CLM 30
MHz	156,4875 - 156,5625 MÓVIL MARÍTIMO (socorro y llamada por LLSD)  5.111 5.226 5.227	156,4875 - 156,5625 MÓVIL MARÍTIMO (socorro y llamada por LLSD)  5.111 5.226 5.227	CLM 3 CLM 5 CLM 7 CLM 28

Fuente: (ANE, 2016)

### 2.2.2 Bandas VHF y UHF en Colombia.

El rango de frecuencias que abarca la banda VHF va desde los 30 MHz hasta los 300 MHz, y el rango de la banda UHF va desde los 300 MHz hasta los 3000 MHz, para el desarrollo del proyecto la ANE definió que las frecuencias autorizadas para ser simuladas en el nuevo módulo de simulación de coberturas y estudios de interferencia fueran las tablas del CNABF que se listan a continuación:

- tabla 3A PLAN DE BANDA. (138 – 174 MHz)
- tabla 11 PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES SERVICIOS FIJO Y MÓVIL (ACCESO TRONCALIZADO) BANDA DE 400 MHz. (412 – 415 MHz y 422 – 425 MHz) 1966 DE 2002, MINISTERIO DE COMUNICACIONES ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 0,0125 MHz.
- tabla 12 PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES SERVICIOS FIJO Y MÓVIL (ACCESO TRONCALIZADO) BANDA DE 400 MHz. (415 – 420 MHz y 425 – 430 MHz) RESOLUCIÓN 1966 DE 2002, MINISTERIO DE COMUNICACIONES ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 0,0250 MHz.
- tabla 13 PLAN DE BANDA. (440 – 470 MHz).

### 2.2.3 Televisión en Colombia.

De acuerdo con el artículo 1º de la ley 182 de 1995, la televisión es un servicio público sujeto a la titularidad, reserva, control y regulación del Estado, cuya prestación corresponderá, mediante concesión, a las entidades públicas a que se refiere esta Ley, a los particulares y comunidades organizadas. Técnicamente, es un servicio de telecomunicaciones que ofrece programación dirigida al público en general o a una parte de él y que está vinculado intrínsecamente a la opinión pública y a la cultura del país, como instrumento dinamizador de los procesos de información y comunicación audiovisuales (ley 182 de 1995).

#### 2.2.3.1 Plan de distribución de canales servicio de radiodifusión de televisión.

El Plan Técnico de Televisión vigente hace parte integral del CNABF actual aprobado por la ANE. El plan de distribución de canales puede apreciarse en la Tabla 2.

**Tabla 2. Plan de distribución de canales servicio radiodifusión de televisión en Colombia.**

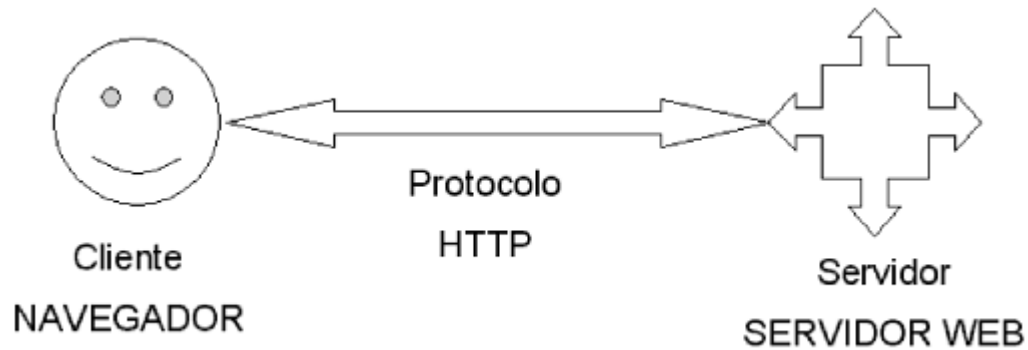
Banda		Número de canal	Frecuencia Central(MHz)	Banda		Número de canal	Frecuencia Central(MHz)
VHF	I	2	57		IV	27	551
		3	63			28	557
		4	69			29	563
	II	5	79			30	569
		6	85			31	575
	III	7	177			32	581
		8	183			33	587
		9	189			34	593
		10	195			35	599
		11	201			36	605
		12	207			37	611
		13	213			38	617
UHF	IV	14	473			39	623
		15	479			40	629
		16	485		V	41	635
		17	491			42	641
		18	497			43	647
		19	503			44	653
		20	509			45	659
		21	515			46	665
		22	521			47	671
		23	527			48	677
		24	533			49	683
		25	539			50	689
		26	545			51	695

## 2.3 APLICACIONES WEB

Una aplicación web es un tipo especial de aplicación cliente/servidor, donde tanto el cliente como el servidor y el protocolo mediante el que se comunican están estandarizados y no han de ser creados por el programador de aplicaciones ver Figura 10. Las aplicaciones web se han convertido en pocos años en complejos sistemas con interfaces de usuario cada vez más parecidas a las aplicaciones de escritorio, dando servicio a procesos de negocio de considerable envergadura y

estableciéndose sobre ellas requisitos estrictos de accesibilidad y respuesta (Mora, 2002).

**Figura 10. Esquema básico de una aplicación web.**



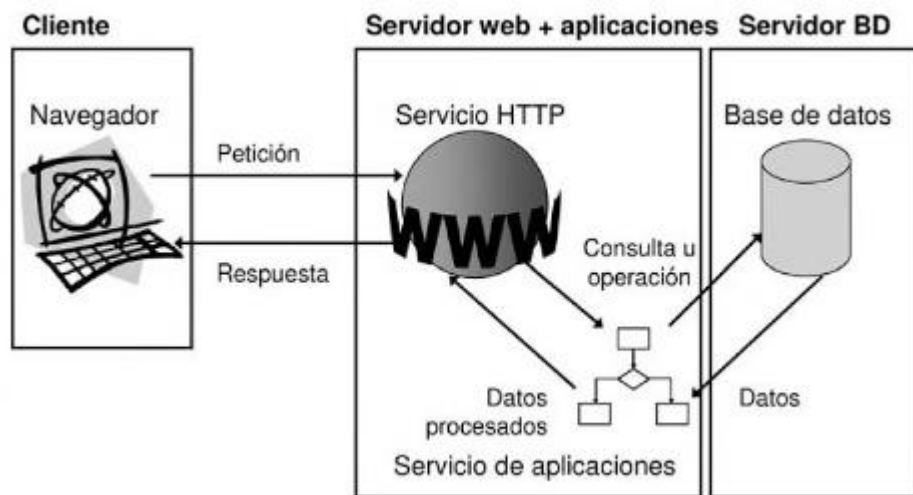
Fuente:(Sciatel.wikispaces.com, 2017)

### 2.3.1 Arquitecturas de tres capas.

El usuario interactúa con las aplicaciones web a través del navegador. Como consecuencia de la actividad del usuario, se envían peticiones al servidor, donde se aloja la aplicación y que normalmente hace uso de una base de datos que almacena toda la información relacionada con la misma. El servidor procesa la petición y devuelve la respuesta al navegador que la presenta al usuario. Por tanto, el sistema se distribuye en tres componentes: el navegador, que presenta la capa de presentación (UI); la aplicación, que se encarga de realizar las operaciones necesarias según las acciones llevadas a cabo por éste, que representa la capa de negocios (BLL) y la base de datos, que representa la capa de datos (DAL) donde la información relacionada con la aplicación se hace persistente. Esta distribución se conoce como el modelo o arquitectura de tres capas y se puede apreciar en la Figura 11 (Garrido, 2004).

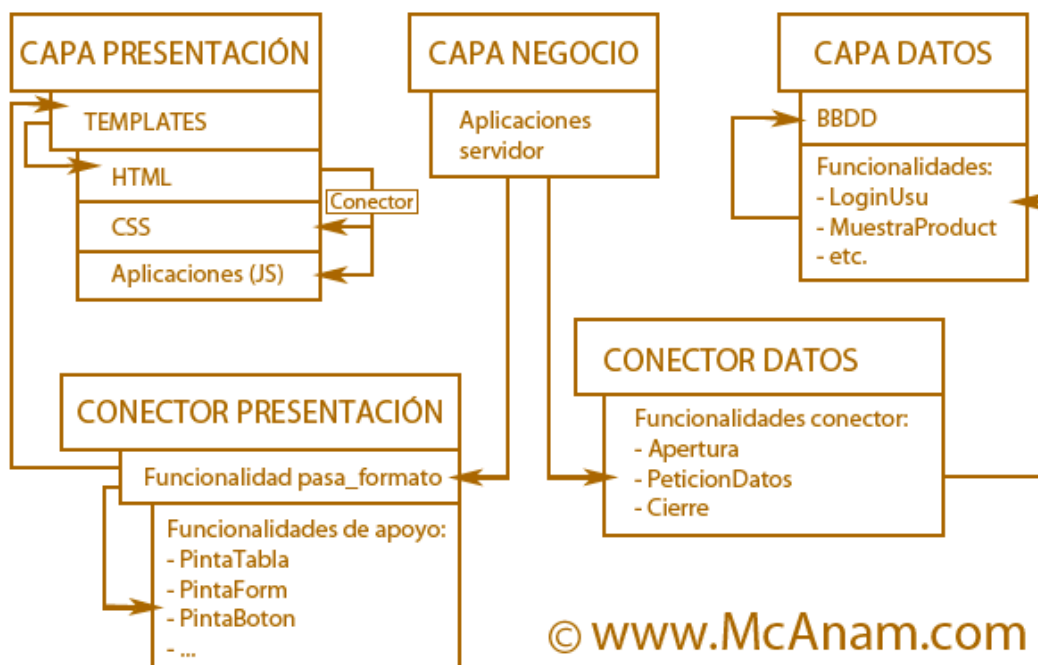
En la Figura 12 se aprecia cómo no se mezcla en una capa código correspondiente a otra. Además de que la interacción entre las capas se debe llevar a cabo mediante conectores y la interacción directa entre la capa de datos y la capa de presentación está prohibida. Logrando así sistemas mucho más escalables y de fácil mantenimiento.

Figura 11. Arquitectura de 3 capas de una aplicación web.



Fuente: (Mora, 2002 p.57)

Figura 12. Arquitectura de 3 capas de una aplicación web en PHP.



© www.McAnam.com

### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

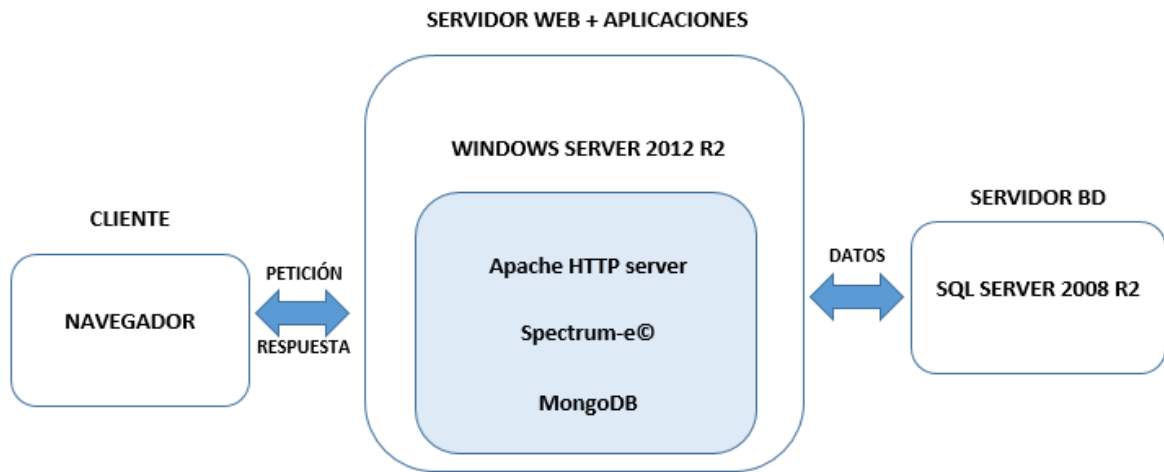
#### 3.1 SISTEMA DE SIMULACIÓN EN LÍNEA

Para el diseño e implementación de los nuevos desarrollos además del soporte y mantenimiento, se debe tener presente que la herramienta web Sistema de Simulación en Línea esta soportada en la aplicación Spectrum-e© de la empresa ATDI y a su vez Spectrum-e© está construida bajo las siguientes herramientas de desarrollo:

- NetBeans IDE: Netbeans es un entorno de desarrollo integrado libre y de código abierto que tiene una gran comunidad de usuarios y desarrolladores de todo el mundo (Netbeans.org, 2017).
- PHP (acrónimo recursivo de PHP: *Hypertext Preprocessor*): Es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML (Php.net, 2017).
- MongoDB: Es una base de datos de documentos de código abierto que proporciona alto rendimiento, alta disponibilidad y escalado automático (Docs.mongodb.com, 2017).
- Apache HTTP server: El proyecto de servidor HTTP de Apache es un esfuerzo de desarrollo de software colaborativo dirigido a crear una implementación de código fuente robusta, de calidad comercial, funcional y libremente disponible de un servidor HTTP (Group, 2017).

Adicional Sistema de Simulación en Línea se ejecuta desde un servidor con sistema operativo Windows Server 2012R2 y utiliza como Sistema Gestor de Bases de Datos () Microsoft SQL Server 2008. En la Figura 13 se muestra la arquitectura del Sistema de Simulación en Línea.

**Figura 13.Arquitectura de la herramienta web Sistema de Simulación en Línea.**



Fuente: Autor.

### 3.2 REQUERIMIENTOS

A continuación, se presenta un resumen de los requerimientos considerados más importantes por el autor, obtenidos de la PB final después de lanzar el sistema de simulación en línea a producción.

#### 3.2.1.1 Herramienta simulación servicio punto-multipunto.

- Esta herramienta debe estar disponible únicamente para los roles operador mixto, operador cubrimiento y administrador del sistema de simulación en línea.
- Los estudios de interferencia se deben presentar de manera similar a los estudios de interferencia de enlaces de microondas.
- Se debe validar la información al crear o modificar una estación de acuerdo a los parámetros de la ANE.
- Los cálculos deben cumplir con la Recomendación UIT-R P.1546-4.

#### 3.2.1.2 Herramienta análisis de ingeniería servicio de televisión.

- Esta herramienta debe estar disponible únicamente para los usuarios con rol administrador del sistema de simulación en línea.
- Se deben poder diferenciar entre estaciones análogas y estaciones digitales.
- Una estación puede tener solo uno de los siguientes estados: modificado, rechazado, aprobado.
- Debe existir un mapa al momento de crear o modificar una estación en donde aparezca la localización geográfica de la estación en dicho mapa.
- Se debe poder agregar múltiples estaciones mediante una funcionalidad de carga masiva de datos.
- Se debe poder generar CCTR de cada operador.



- Al momento de crear o modificar una estación en el campo operador se debe poder seleccionar un único operador de la lista operadores y asignar el código del mismo al campo.
- Al momento de crear o modificar una estación digital el campo identificador ANE SFN se debe poder seleccionar un único código de una lista donde se muestre toda la información técnica de los identificadores.
- La información técnica de la antena de la estación se debe agregar a partir de cargar un archivo .a3d.
- Se deben validar todos los campos del formulario de creación o modificación de estaciones para que la información suministrada este acorde a los parámetros de la ANE.
- Se debe asignar automáticamente el *callsign* de la estación.

#### 3.2.1.3 Soporte y mantenimiento.

En el anexo técnico se encuentran los requerimientos básicos sobre los cuales se realizó el soporte y mantenimiento a la herramienta web sistema de simulación en línea.

### 3.3 DISEÑO Y DESARROLLO DE LOS REQUERIMIENTOS

#### 3.3.1 Capa de presentación ui.

Todas las modificaciones realizadas en el diseño de la herramienta web sistema de simulación en línea fueron implementadas acorde con los lineamientos de la estrategia del Programa de Gobierno en Línea y con la presentación gráfica ajustada al propósito de la ANE. Básicamente la parte grafica esta soportada en HTML5, javascript y CSS3.

#### 3.3.2 Capa de negocios bli.

##### 3.3.2.1 Herramienta simulación servicio punto-multipunto.

Es una extensión del módulo de simulación de Spectrum-e©, por tal razón se tuvo que solicitar a ATDI la inclusión de esta herramienta en el sistema de simulación en línea cumpliendo con el requerimiento que los cálculos obtenidos debían ser bajo la Recomendación UIT-R P.1546-4, a partir de la actualización realizada por ATDI a Spectrum-e©, TES AMERICA ANDINA SAS realizo la personalización de la herramienta de simulación del servicio punto-multipunto a las necesidades y parámetros técnicos establecidos por la ANE.

##### 3.3.2.2 Herramienta análisis de ingeniería servicio de televisión.

Esta herramienta fue creada en su totalidad por TES AMERICA ANDINA SAS y anexada al sistema de simulación en línea como un nuevo módulo. Para la realización del mismo se mantuvo la misma estructura usada por la herramienta Spectrum-e© (funciones, archivos etc).

### 3.3.3 Capa de datos dal.

#### 3.3.3.1 Herramienta simulación servicio punto-multipunto.

El sistema de simulación en línea debe usar la información del SGE para realizar los estudios de interferencia. Por tanto, se debe migrar información desde SQL server 2008 R2 a MongoDB. Para obtener dicha información se implementa una vista en SQL server 2008R2 que entregue la información técnica y administrativa de las estaciones de cubrimiento en el SGE. La información de dicha vista se guarda en un archivo .CSV mediante la utilidad bcp de SQL server ejecutando desde la consola de Windows el siguiente código:

```
bcp BDSGE.dbo.vistaCubrimiento out C:\anesimulacion\vistaCubrimiento.csv -w -S
direcciónSGBD -U usuario -P contraseña -t", "
```

Una vez se tiene el archivo .csv con la información de las estaciones de cubrimiento, se crea una colección en MongoDB con dicha información.

#### 3.3.3.2 Herramienta análisis de ingeniería servicio de televisión.

Se crearán las siguientes colecciones dentro de la base de datos de Spectrum-e© en MongoDB para almacenar la información de este módulo:

- Colección1.

En esta colección se almaceno la información del CNABF correspondiente al servicio de televisión.

- Colección2.

En esta colección se almaceno la información administrativa de los municipios de Colombia.

- Colección3.

En esta colección se almacena la información técnica y administrativa de las estaciones ingresadas en el módulo del servicio de televisión.

- Colección4.

En esta colección se almacena la información de los operadores de televisión habilitados por la ANTV.

- Colección5.

En esta colección se almacenan los identificadores asignados por la ANE a la combinación de características técnicas de las estaciones de televisión digital.

## 3.4 METODOLOGIA

La metodología implementada se basó en las metodologías ágiles de desarrollo de software en especial SCRUM, se debe tener presente que las personas

involucradas en este proyecto no se encontraban en el mismo sitio. A continuación, se listan los roles y artefactos usados durante el desarrollo del proyecto:

PO: Persona encargada en TES AMERICA ANDINA SAS de gestionar la PB, expresando claramente los requerimientos de los SH del sistema de simulación en línea además de ordenar los elementos de la PB para alcanzar los objetivos de la siguiente entrega del producto, ubicación Bogotá DC.

SH: ANE (ubicación Bogotá DC), PRST (ubicación Colombia).

PB: Lista actualizada con los requerimientos de los SH.

DT: El equipo de desarrollo estuvo compuesto por un desarrollador de TES AMERICA ANDINA SAS con 100% de disponibilidad en el proyecto (autor, ubicación Sogamoso) y el área de soporte de la empresa (ubicación Bogotá DC), además de contar con el área de soporte y desarrollo de ATDI (ubicación McLean, Virginia (USA)) cuando fuese necesario realizar cambios a Spectrum-e©.

Sprint: Fue imposible fijar un TB fijo debido a que también debía realizarse soporte y mantenimiento a la herramienta durante el desarrollo del proyecto, además que en ocasiones se debió solicitar cambios en Spectrum-e© a ATDI, por lo cual cualquier tipo de Reunión de Planificación del Sprint para fijar el SB podría crear una falsa ilusión de estar haciendo algo mal al final del sprint al no poder completar las metas y tareas fijadas en SB por haber “perdido” tiempo de desarrollo dando soporte o esperando el soporte o desarrollo solicitado a Spectrum-e©.

### 3.5 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA

A continuación, se presenta el proceso de desarrollo e implementación del requerimiento “Al momento de crear o modificar una estación en el campo operador se debe poder seleccionar un único operador de la tabla operadores y asignar el código del mismo al campo” de la PB mediante la metodología utilizada en este proyecto. Cada nuevo requerimiento consecutivo se obtiene después de entregar un requerimiento. La Tabla 3 se muestra la estructura básica utilizada en la PB del proyecto

**Tabla 3. Estructura básica de la PB en el proyecto.**

Requerimiento	prioridad	Tipo	encargado	estado

A continuación se describen las columnas de la Tabla 3:

- Requerimiento: Descripción de lo que pedía el cliente para el modulo, escrito en el lenguaje usado por los SH.
- Prioridad: Valor de 1 a 5, siendo 5 la prioridad más alta.
- Tipo: Sus valores podían ser: Soporte, Mantenimiento, ajuste o desarrollo.
- Encargado: Persona que debía realizar el requerimiento.

- Estado: Valor que indicaba la condición del requerimiento. Los estados posibles para un requerimiento fueron los siguientes: Terminado, Proceso o en espera.

Para las tareas se usó una estructura similar a la Tabla 3 cambiando la columna requerimiento por una columna tarea (escrita en lenguaje que entendiera el equipo de desarrollo) y agregando las columnas estimación (horas estimadas para realizar la tarea) y observación (donde se escribían novedades no contempladas en la planeación de la tarea).

#### 3.5.1 Requerimiento inicial.

El requerimiento fue el siguiente: “El sistema de simulación en línea debe tener un módulo para el análisis de ingeniería de televisión”. Para cada requerimiento se tuvo que establecer las tareas necesarias para poder implementar dicho requerimiento en el sistema de simulación en línea; así pues, a continuación, se presentan las tareas más relevantes para cumplir con este requerimiento.

##### 3.5.1.1 Tareas.

- Establecer quien realizara la estructura básica del nuevo módulo de ingeniería de televisión (TES o ATDI).
- Definir con la ANE las características principales de este nuevo módulo.

#### 3.5.2 Requerimiento 2.

El requerimiento fue el siguiente: “El módulo de ingeniería de televisión será un nuevo módulo independiente de los existentes en el sistema de simulación en línea y deberá mostrar la información técnica de las estaciones de televisión”

##### 3.5.2.1 Tareas.

- Crear un botón en el menú inicial que permita acceder al módulo de televisión.
- Crear una colección en MongoDB para almacenar la información técnica de las estaciones.
- Crear una página que muestre la información técnica de las estaciones guardada en MongoDB.
- Crear un formulario que permita ingresar la información técnica y administrativa de las estaciones a almacenar en MongoDB.

#### 3.5.3 Requerimiento 3.

El requerimiento fue el siguiente: “Al momento de crear o modificar una estación en el campo operador se debe poder seleccionar un único operador de la lista de operadores que muestra la información administrativa de cada operador y asignar el código del mismo al campo operador”.

##### 3.5.3.1 Tareas.

- Crear una colección en MongoDB para almacenar la información de los operadores.

- Agregar un botón a la ventana del módulo de tv que permita agregar o modificar operadores.
- Agregar un botón en el formulario de agregar estaciones que permita seleccionar un operador para asignarlo a la estación.

#### 3.5.4 Requerimiento 4.

El requerimiento fue el siguiente: “Se debe validar que el campo operador contenga información al momento de crear la estación”.

##### 3.5.4.1 Tareas.

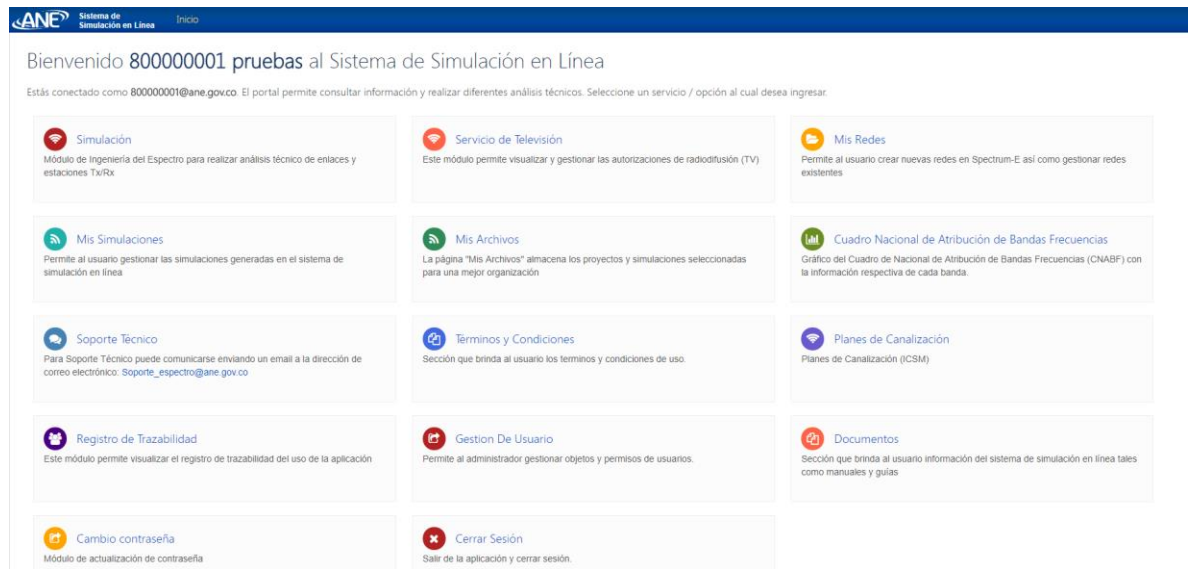
- No permitir ingresar de manera manual información en el campo operador.
- Validar que al momento de guardar la estación el campo operador contenga información.

## 4. RESULTADOS DEL PROYECTO

### 4.1 MODULO ANALISIS DE INGENIERÍA SERVICIO DE TELEVISIÓN

Este módulo es para uso exclusivo de usuarios con el rol de administrador en el sistema de simulación en línea. En la Figura 14 se aprecian todos los módulos al que un usuario de rol administrador puede ingresar en la herramienta sistema de simulación en línea.

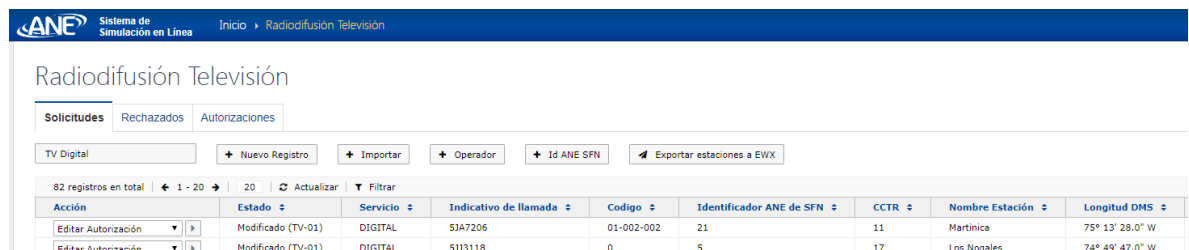
**Figura 14.** Menu de inicio herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.



Fuente: simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php

Al acceder al módulo "Servicio de Televisión" se abre la ventana de la Figura 15. La cual muestra la información técnica de las estaciones del servicio de televisión, discriminándolas entre estaciones análogas y estaciones digitales, además de uno de los 3 estados posibles: modificado, rechazado o autorizado.

**Figura 15.** Ventana inicio modulo televisión herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.



Fuente: simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php

En la Figura 15 el botón "Nuevo Registro" permite crear una estación y el botón "importar" permite ingresar varias estaciones mediante un archivo csv, al hacer click

en el botón “Nuevo Registro” se accede a la ventana de la Figura 16, Esta ventana posee 3 formularios: información de TV, Información de la señal e información de la antena. En ellos se debe ingresar la información administrativa y la información técnica de la nueva estación.

**Figura 16. Ventana crear estación herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.**

The screenshot displays the 'Crear Estación' (Create Station) web interface. It has three main tabs: 'Información de TV', 'Información de la Señal', and 'Información de Antena'. The 'General' section contains the following fields:

- Tipo: DIGITAL (dropdown)
- Notificar a UIT: Si (dropdown)
- Indicativo de llamada: (text input)
- Codigo Operador: (text input) with a 'Seleccionar' button
- Identificador ANE de SFN: (text input) with a 'Seleccionar' button
- Último CCTR modificado: (text input)
- Nombre Estación: (text input)

The 'Coordenadas' (Coordinates) section includes input fields for latitude and longitude, each with a degree symbol and a directional indicator (N, S, E, O). The latitude fields are 4, 12, and 53.8. The longitude fields are 73, 28, and 35.6. Below the inputs is a Google Map showing the location near Villavicencio, Colombia, with a red pin. At the bottom are 'Atrás' (Back) and 'Enviar' (Send) buttons.

Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

La información diligenciada por el usuario en los formularios, debe cumplir con los parámetros técnicos de la ANE de lo contrario la nueva estación no podrá ser creada tal y como se muestra en la Figura 17.

**Figura 17. Ventana error crear estación herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.**


The screenshot shows a web application window titled 'Nueva Estación TV'. A modal error message from 'localhost:8081' is displayed, stating: 'No se han diligenciado los campos en azul, ingrese la información y vuelva a intentarlo'. The form below has two tabs: 'Información de TV' (active) and 'Información de Ubicación'. The 'General' section includes fields for 'Tipo' (DIGITAL), 'Notificar a UIT' (SI), 'Indicativo de llamada', 'Codigo Operador', 'Identificador ANE de SFN', 'Último CCTR modificado', and 'Nombre Estación'. The 'Coordenadas' section has input fields for 'Latitud' (4, 12, 53.8) and 'Longitud' (73, 28, 35.6), along with a map of the Villavicencio area. Navigation buttons 'Atrás' and 'Enviar' are at the bottom.

Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

Una vez creada una estación en el sistema de simulación en línea, esta continúa su trámite y se le asigna el estado rechazado o aprobado. Si es rechazada se podrá modificar la información técnica o administrativa de dicha estación para iniciar de nuevo el proceso en el sistema de simulación en línea, Si la estación es aprobada se puede generar CCTR de dicha estación, dependiendo del tipo de estación: análoga o digital se generara un CCTR similar al de la Figura 18 o al de la Figura 19.



**Figura 18. CCTR estación analógica modulo TV herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.**



Autoridad Nacional de Televisión


República de Colombia

República de Colombia

Autoridad Nacional de Televisión

Cuadros de Características Técnicas de Red

Radiodifusión de Televisión Analoga Terrestre




Agencia Nacional del Espectro

Nombre de operador : Caracol Televisión S.A										Número de Cuadro Técnico: 3			
Tipo de operador : Privado Nacional										Fecha de última modificación : 05/31/2017			
Código de expediente de operador : 01-002-002													


Indicativo de llamada	Nombre de la estación	Último CCTR modificado	Coordenadas (WGS-84)		Canal radio-eléctrico	Potencia de transmisión (W RMS)	Sistema Radiante					Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (kW)	Municipios dentro del área de servicio (Código DANE)
			Longitud	Latitud(g mm ss.s)			Pol.	Config. de antenas	Acimut de radiación (°)	Ganancia (dBd)	Altura del centro de radiación (msnt)		
5JA8370	Cerro Alegre	11	73° 15' 30.0" W	10° 30' 30.0" N	34	1300	H	6 : 6	60 : 150	15.47	105	24055.2386 71608	Municipios sujetos a verificación mediante medición 20001-Valledupar; 20621-La Paz; 44874-Villanueva
5JA8366	Bañaderos	11	72° 47' 16.0" W	11° 08' 07.0" N	34	3100	H	6 : 4 : 2 : 6	75 : 165 : 255 : 345	14.11	70	52299.1400 5476	Municipios sujetos a verificación mediante medición 44001-Riohacha; 44430-Maicao; 44847-Uribia; 44279-Fonseca; 44078-Barrancas; 44560-Manaure
5JA8367	Lagunaseca	5	73° 03' 26.0" W	5° 51' 50.0" N	14	2500	H	2 : 4 : 4	40 : 130 : 220	13.09	93	31045.8879 43519	Municipios sujetos a verificación mediante medición 15001-Tunja; 15238-Duitama; 15516-Paipa; 15759-Sogamoso

Fuente: simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php

**Figura 19. CCTR estación digital modulo TV herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Administrador.**



**República de Colombia**  
**Autoridad Nacional de Televisión**  
**Cuadros de Características Técnicas de Red**  
**Radiodifusión de Televisión Digital Terrestre**



*Agencia Nacional del Espectro*

Nombre de operador : Caracol Televisión S.A										Número de Cuadro Técnico: 3			
Tipo de operador : Privado Nacional										Fecha de última modificación : 05/31/2017			
Código de expediente de operador : 01-002-002													

Indicativo de llamada	Nombre de la estación	Último CCTR modificado	Coordenadas (WGS-84)		Canal radio-eléctrico	Potencia de transmisión (W RMS)	Sistema Radiante					Pérdidas estimadas del sistema de transmisión (dB)	Municipios dentro del área de servicio (Código DANE)
			Longitud	Latitud(g mm ss.s)			Pol.	Config. de antenas	Acimut de radiación (°)	Ganancia (dBd)	Altura del centro de radiación (msnt)		
<b>Identificador ANE de SFN: 17 Modulación - FEC - FFT - Pilotos - Intervalo de Guarda: 64QAM - 1/2 - 16 k (ext.) - PP2 - 1/8</b>													
5JA8366	Bañaderos	2	72° 47' 16.0" W	11° 08' 07.0" N	34	3100	H	6 : 4 : 2 : 6	75 : 165 : 255 : 345	14.11	70	1.83885	<b>Municipios sujetos a verificación mediante medición</b> 44001-Riohacha; 44430-Maicao; 44847-Uribia; 44279-Fonseca; 44078-Barrancas; 44560-Manaure
5JA8370	Cerro Alegre	11	73° 15' 30.0" W	10° 30' 30.0" N	34	1300	H	6 : 6	60 : 150	15.47	105	2.797725	<b>Municipios sujetos a verificación mediante medición</b> 20001-Valledupar; 20621-La Paz; 44874-Villanueva
<b>Identificador ANE de SFN: 18 Modulación - FEC - FFT - Pilotos - Intervalo de Guarda: 64QAM - 1/2 - 16 k (ext.) - PP2 - 1/8</b>													
5JA8367	Lagunaseca	2	73° 03' 26.0" W	5° 51' 50.0" N	14	2500	H	2 : 4 : 4[1]	40 : 130 : 220	13.09	93	2.14966	<b>Municipios sujetos a verificación mediante medición</b> 15001-Tunja; 15238-Duitama; 15516-Paipa; 15759-Sogamoso

Fuente: simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php

## 4.2 SIMULACIÓN DE COBERTURAS

Es una extensión del módulo de simulación del sistema de simulación en línea. Por tanto, para acceder a la nueva funcionalidad de simulación de coberturas se debe ingresar al módulo de simulación. En la Figura 20 se aprecia el menú de inicio con todos los módulos a los que un usuario de rol operador puede ingresar en la herramienta sistema de simulación en línea.

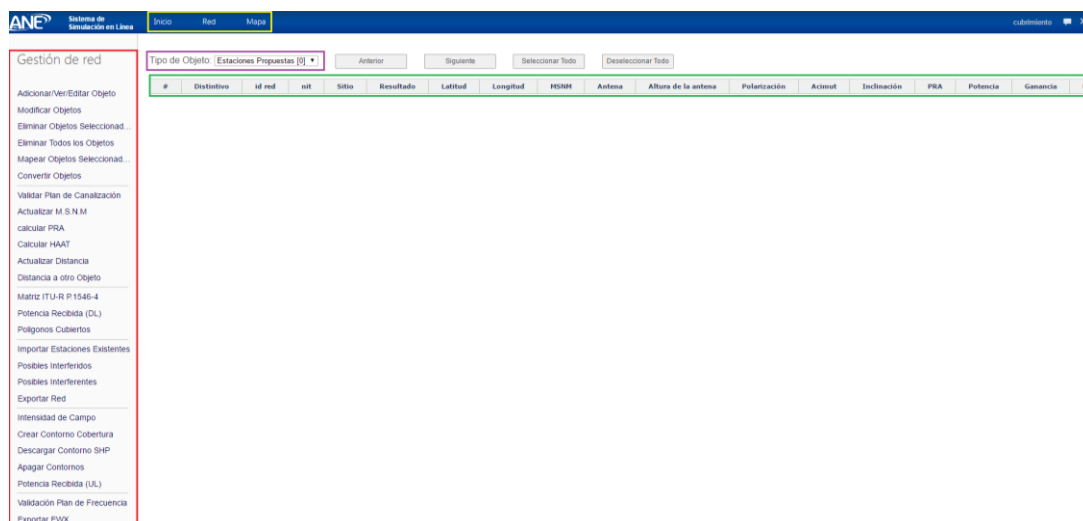
**Figura 20.** Menú de inicio herramienta web Sistema de Simulación en Línea rol Operador Mixto.



Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

Al hacer click en el módulo resaltado en rojo de la Figura 20, se accede a la ventana de simulación mostrada en la Figura 21. El recuadro amarillo muestra las opciones principales, El recuadro rojo las funciones técnicas de la plataforma denominadas Gestión de red, el recuadro morado muestra los tipos de red que puede ser simulada denominado tipo de objeto y el recuadro verde los datos técnicos de las redes a simular.

**Figura 21.** Ventana módulo de simulación Sistema de Simulación en Línea.



Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

#### 4.2.1 Gestión de red.

A continuación, se describen las funciones más importantes del menú Gestión de red. Estas funciones cambian dependiendo del tipo de objeto seleccionado (enlace o estación). Todos los resultados son los obtenidos para la estación de la Figura 22.

##### 4.2.1.1 Adicionar/Ver/Editar objeto.

Esta función sirve para ingresar una nueva estación a la red o editar parámetros de una estación existente. En la Figura 22 se aprecia la ventana de esta funcionalidad.

Figura 22. Ventana modificar objeto Sistema de Simulación en Línea.

Parámetros del Objeto	
* campos obligatorios	
Distintivo	
id red	
nit	
Sitio	DUITAMA CERRO PARAMO I
Resultado	
Latitud *	5.891389 deg
Longitud *	-73.099167 deg
MSNM	m
Antena *	UHF Single Exposed Dipole Of
Altura de la antena *	10 m
Polarización *	V
Acimut	deg
Inclinación	deg
PRA	W
Potencia *	13.9794 W
Ganancia *	10 dB
Frecuencia *	440.2625 MHz
Pérdidas	dB
Código de Emisión *	12K5F3E
Rango	km
Matriz pérdida trayectoria	
HAAT	m
Distancia	km

Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

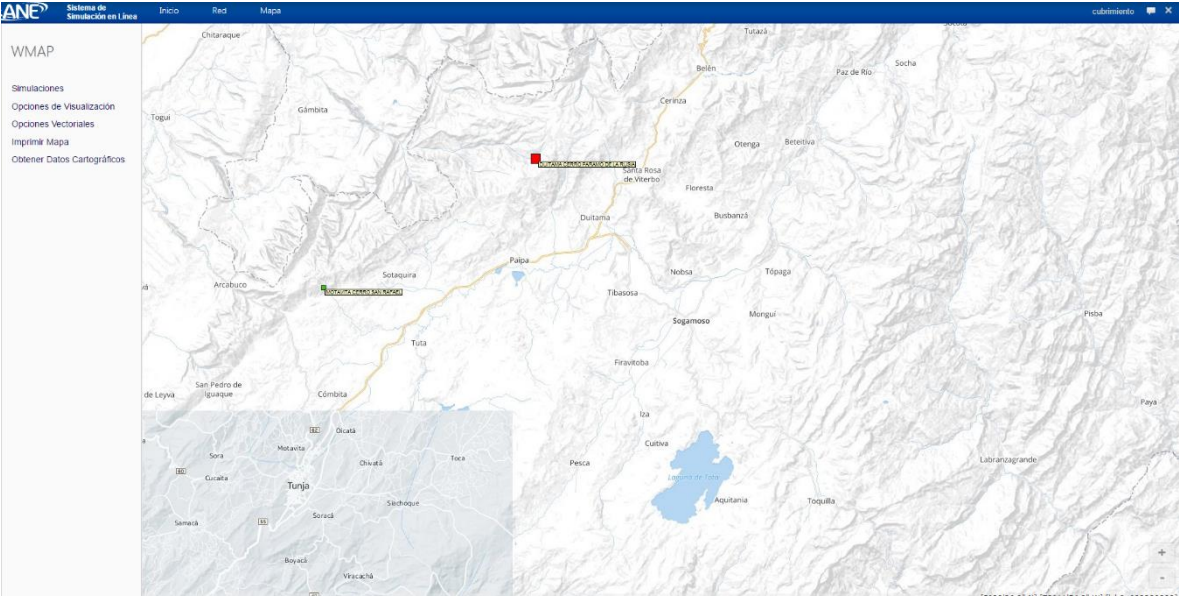
##### 4.2.1.2 Modificar objetos.

Esta función permite modificar el contenido de uno de los datos técnicos de una estación.

4.2.1.3 Mapear objetos seleccionados.

Esta función permite mostrar en el mapa la estación seleccionada en el área de datos técnicos. En la Figura 23 se muestra la ubicación de la estación en estudio.

Figura 23.Ventana mapa de Sistema de Simulación en Línea.



Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

4.2.1.4 Validar plan de canalización.

Esta función permite validar que la frecuencia de la estación pertenezca al CNABF vigente. En la Figura 24 se presenta el resultado obtenido para la estación de estudio.

Figura 24.Ventana Validar plan canalización de Sistema de Simulación en Línea.

ANE

Sistema de Simulación en Línea

Validar Plan de Canalización

id	Nombre del Plan	Frecuencia Estación	En Plan	Id Canal	En Plan	BW plan	Emisión	BW plan = BW 0.k
592dd6e18fb74	UHF Banda A (Shifter 5MHz)	440.2625	Si	22	Si	12.5	12K5F3E	Si

Cerrar

Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

4.2.1.5 Actualizar msnm.

Esta función calcula los m.s.n.m de la estación de acuerdo con las coordenadas y la cartografía del sistema de simulación en línea.

#### 4.2.1.6 Calcular pra.

Pese a que cuando se está creando la estación el campo pra puede ser llenado manualmente, se puede utilizar esta herramienta que toma los datos de la estación seleccionada, realiza el cálculo automáticamente y lo actualiza en la información del objeto.

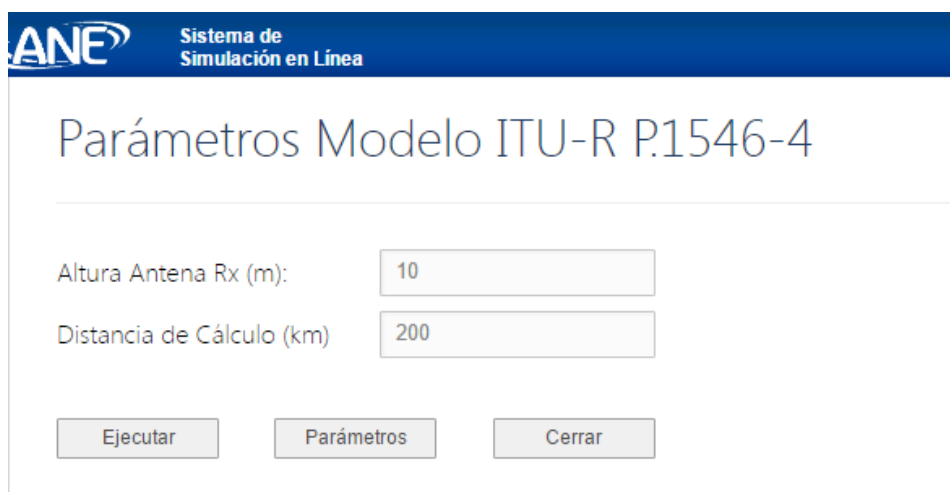
#### 4.2.1.7 Calcular haat.

Luego de seleccionar las estaciones a las que se les desea hacer el cálculo de la altura de la antena sobre el nivel medio del terreno, el sistema almacena el resultado en la columna “haat” de los objetos seleccionados.

#### 4.2.1.8 Matriz itu-r p.1546-4.

El sistema de simulación en línea requiere de la matriz resultante de esta funcionalidad para poder realizar los cálculos de intensidad de campo, Potencia recibida (dl y ul), crear contorno de cobertura y polígonos cubiertos. Por tanto, se sugiere que, para obtener los resultados, primero se realice el cálculo antes de hacer cualquier otro proceso. Para realizar el cálculo de las pérdidas de trayecto del modelo itu-r p.1546-4, se debe seleccionar la estación. Posteriormente se abre un menú donde se puede ingresar la altura de la antena de recepción y la distancia para el cálculo como se aprecia en la Figura 25. Además de esto se puede abrir una ventana de Parámetros que le permite realizar el cálculo de la matriz para distintos propósitos: 50% como valor típico en porcentaje de localización, y en porcentaje de tiempo 50% para realizar el cálculo de las áreas de servicio y 10% para el cálculo de áreas interferentes.

**Figura 25. Ventana matriz itu-r p.1546-4 de Sistema de Simulación en Línea.**



ANE Sistema de Simulación en Línea

### Parámetros Modelo ITU-R P.1546-4

Altura Antena Rx (m):

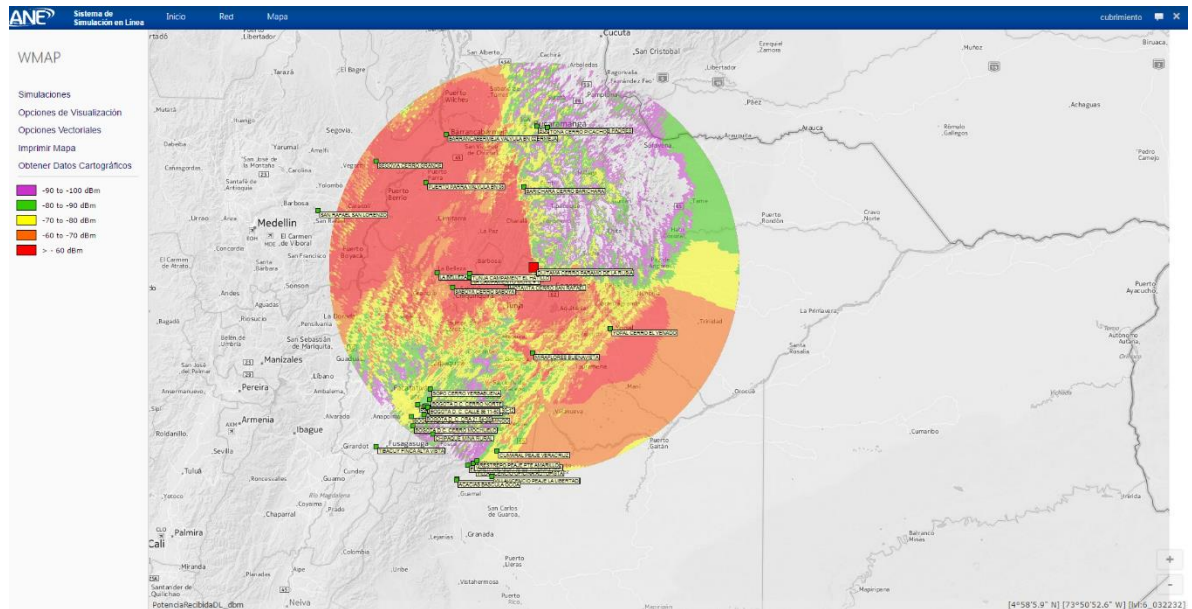
Distancia de Cálculo (km):

Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

#### 4.2.1.9 Potencia recibida (dl).

Esta función muestra la cobertura *downlink* para la estación en el mapa tal y como se aprecia en la Figura 26.

**Figura 26. Potencia recibida DL en Sistema de Simulación en Línea.**



Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

#### 4.2.1.10 Polígonos cubiertos.

Esta función arroja una tabla con los municipios cubiertos y el porcentaje de cobertura después de usar la función de Potencia recibida (dl), como la que se aprecia en la Figura 27.

**Figura 27. Polígonos cubiertos en Sistema de Simulación en Línea.**

 Sistema de Simulación en Línea	
Municipios Cubiertos	
% Cubierto	Municipio
100.0	13160 CANTAGALLO
18.4	50001 VILLAVICENCIO
97.6	50226 CUMARAL
100.0	50110 BARRANCA DE UPÍA
100.0	50124 CABUYARO
23.2	50573 PUERTO LÓPEZ
0.1	50568 PUERTO GAITÁN
100.0	85440 VILLANUEVA
100.0	85300 SABANALARGA
100.0	85162 MONTERREY
100.0	85410 TAURAMENA
100.0	85279 RECETOR
100.0	85010 AGUAZUL
100.0	85001 YOPAL
100.0	85225 NUNCHÍA
100.0	85263 PORE
32.8	85430 TRINIDAD
6.5	15223 CUBARÁ
68.4	85325 SAN LUIS DE PALENQUE
94.0	85139 MANÍ
52.2	85230 OROCUÉ
50.1	81794 TAME

Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

#### 4.2.1.11 Importar estaciones existentes.

A través de esta función se pueden importar las estaciones autorizadas por el Ministerio de TIC, también se permite filtrar las estaciones según su posición (tomando inicialmente la posición de la estación seleccionada) y frecuencia máxima y mínima, en un rango de búsqueda. Además se da la opción de eliminar las estaciones existentes previamente cargadas, de esta manera se ofrece tener un mayor control sobre las estaciones a importar y las importadas, mediante la gestión de los mismos tal y como se aprecia en la Figura 28.



**Figura 28. Importar estaciones existentes en Sistema de Simulación en Línea.**

**ANE** Sistema de Simulación en Línea

## Importar Estaciones Existentes

Latitud Central: 5.891389

Longitud Central: -73.099167

Radio de Búsqueda (km): 250

Frecuencia Mínima: + - 440.25

Frecuencia Máxima: + - 440.275

Importar Cerrar

Fuente: simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php

#### 4.2.1.12 Posibles interferidos.

En esta función se puede saber si la nueva estación puede causar interferencia a las redes existentes, primero se selecciona la estación propuesta y luego click en la función. El sistema hace el análisis y almacena su resultado en las columnas de “Resultado” y “Solapamiento”, indicando si fue exitoso y el porcentaje de solapamiento respectivamente como se aprecia en la Figura 29.

**Figura 29. Posibles interferidos por la estación en Sistema de Simulación en Línea.**

**ANE** Sistema de Simulación en Línea

### Resultado estudio de Interferencia Estaciones

callsig	redid	site	result	overlap_pc	latitude	longitude	elevation	antenna_name	antenna_height	polar	azimuth	tilt	erp	power	gain	losses
15495		TIBACUY FINCA ALTA VISTA	pass		4.318889	-74.485833	1518.0		10	V			13 W	13.9794		
11384		BUCARAMANGA ALTO DE LOS PADRES	fail	100.0%	7.120833	-73.073056	1481.0		10	V			13 W	13.0103		
12490		BARRANCABERMEJA S. BARRANCABERMEJA	pass		7.05	-73.866667	72.0		30	V			13 W	13.0103		
11384		BOGOTA D.C. CERRO HOCHUELO	pass		4.208222	-74.161467	1185.0		10	V			13 W	13.9794		
11384		TONA CERRO PICACHO	fail	100.0%						V			13 W	13.9794		
12490		PUERTO PARRA S. PTO PARRA	pass							V			13 W	13.0103		
12085		VILLAVICENCIO BÁSCULA LIBERTAD	pass							V			13 W	13.9794		
948		LA BELLEZA OPON	pass							V			13 W	13.0103		
12490		BARRANCABERMEJA VALVULA BR 02	pass							V			13 W	13.0103		
11384		BOGOTA D.C. CERRO SANTO DOMINGO	pass							V			13 W	13.9794		
12085		VILLAVICENCIO OFICINA AUTOPISTA	pass							V			13 W	13.9794		
11384		SOPO CERRO VERBA BUENA	pass							V			13 W	13.9794		
11384		HOTAVITA CERRO SAN RAFAEL	fail	100.0%	8.75	-73.333611	3575.0		10	V			13 W	13.9794		
11906		BOGOTA D. C. CRA 21 84-05	pass		4.6	-74.066667	2606.0		10	V			13 W	13.9794		
946		MIRAFLORES BUENAVISTA	pass		5.140278	-73.109722	1398.0		30	V			13 W	13.0103		
945		NA CAMPAMENTO MOVIL # 1	pass		5.8	-73.666667	2237.0		30	V			13 W	13.0103		
11384		EL CALVARIO CERRO EL TRIUNFO	pass		4.155	-73.683056	1136.0		10	V			13 W	13.9794		

Resumen de Interferencia

6 estaciones existentes posiblemente interferidas por la estación propuesta

35 estaciones existentes están libres de interferencia

Fuente: simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php

#### 4.2.1.13 Posibles interferentes.

En esta función se puede saber si la nueva estación podría verse interferida por las estaciones existentes, primero se selecciona la estación propuesta y luego click en la función. El sistema hace el análisis y almacena su resultado en la columna de



“Resultado”, indicando si la estación es interferida o no como se aprecia en la Figura 30.

**Figura 30.Posibles interferentes de la estación en Sistema de Simulación en Línea.**

ANE Sistema de Simulación en Línea

Resultado estudio de Interferencia Estaciones

callsign	redid	site	result	overlap_pc	latitude	longitude	elevation	antenna_name	antenna_height	polar	azimuth	tilt	erp	pwr
	15495	TIBACUY FINCA ALTA VISTA	pasa		4.318889	-74.485833	1518.0		10	V			13 W	13.9794
	11384	BUCARAMANGA ALTO DE LOS PADRES	potencial	0.2%	7.120833	-73.073056	1481.0		10	V			13 W	13.0103
	12490	BARRANCABERMEJA S. BARRANCABERMEJA	pasa		7.05	-73.866667	72.0		30	V			13 W	13.0103
	11384	BOGOTA D.C. CERRO HOCHUELO	potencial	0.2%	4.594222	-74.141667	1183.0		10	V			13 W	13.9794
	11384	TONA CERRO PICACHO	potencial	0.4%						V			13 W	13.9794
	12490	PUEERTO PARRA S. PTO PARRA	pasa						V				13 W	13.0103
	12085	VILLAVICENCIO BÁSCULA LIBERTAD	pasa						V				13 W	13.9794
	948	LA BELLEZA OYON	pasa						V				13 W	13.0103
	12490	BARRANCABERMEJA VALCULA BN 02	pasa						V				13 W	13.0103
	11384	BOGOTA D.C. CERRO SANTO DOMINGO	pasa						V				13 W	13.9794
	12085	VILLAVICENCIO OPTICNA AUTOPISTA	pasa						V				13 W	13.9794
	11384	SOPO CERRO VERBA BUENA	pasa						V				13 W	13.9794
	11384	MOTAVITA CERRO SAN RAFAEL	potencial	0.4%	5.78	-73.333611	3575.0		10	V			13 W	13.9794
	11906	BOGOTA D. C. CRA 21 84-05	pasa		4.6	-74.066667	2606.0		10	V			13 W	13.9794
	946	HERAFLORES BUENAVISTA	pasa		5.140278	-73.109722	1398.0		30	V			13 W	13.0103

Resumen de Interferencia

1 estaciones existentes son posibles interferentes de la estación Propuesta

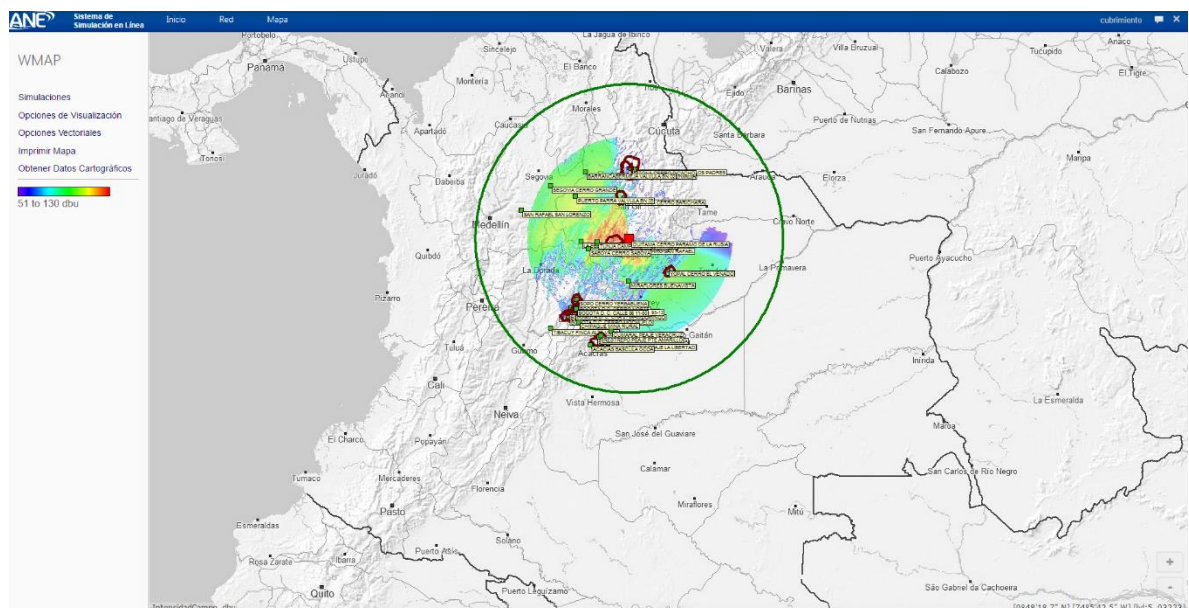
33 estaciones existentes están libres de interferencia

Fuente: simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php

#### 4.2.1.14 Intensidad de campo.

Esta funcionalidad permite obtener de la estación seleccionada su área de radiación y la intensidad de campo calculada, diferenciada por colores como se aprecia en la Figura 31.

**Figura 31.Intensidad de campo de la estación en Sistema de Simulación en Línea.**

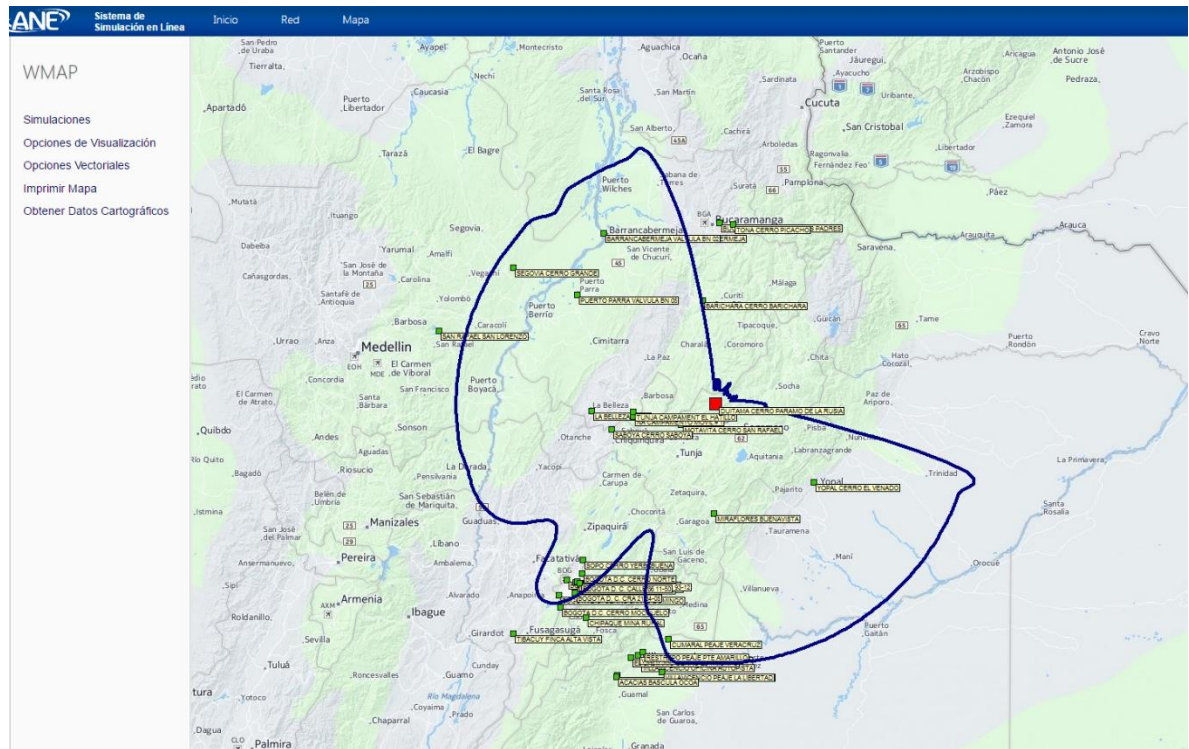


Fuente: simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php

#### 4.2.1.15 Crear contorno cobertura.

Esta función genera el contorno con los datos de la estación seleccionada y lo muestra en el mapa como se aprecia en la Figura 32.

**Figura 32. Contorno de cobertura de la estación en Sistema de Simulación en Línea.**

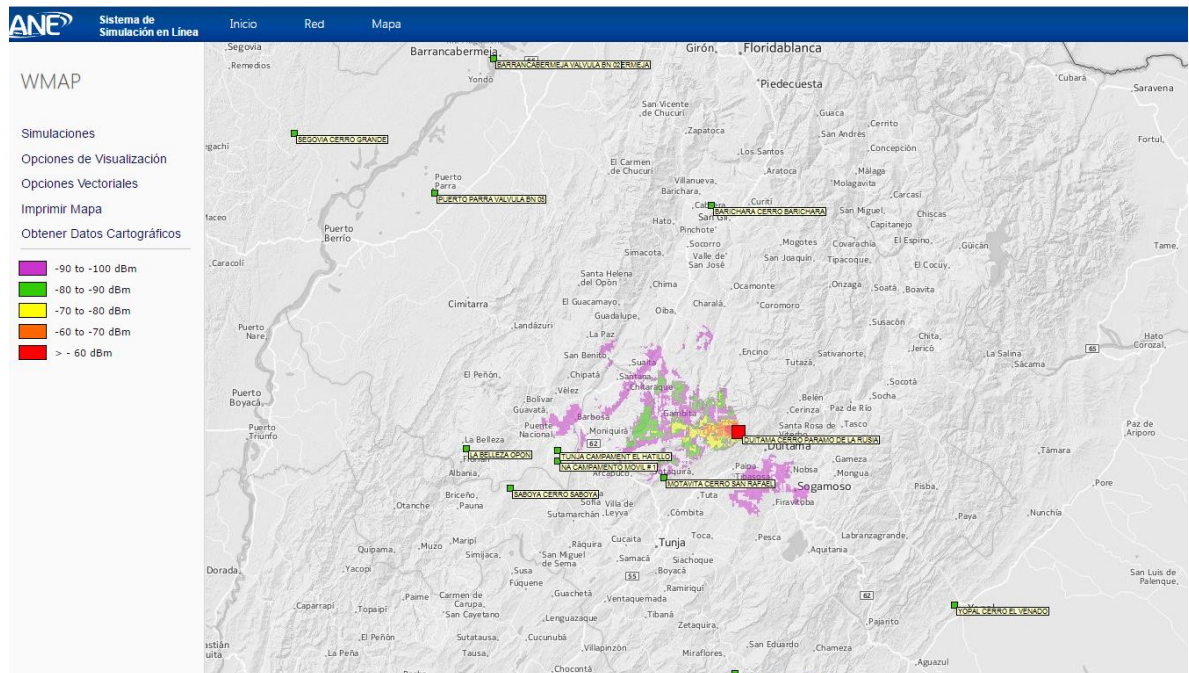


Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

#### 4.2.1.16 Potencia recibida (ul).

Esta función genera la cobertura uplink para la estación seleccionada y la muestra en el mapa como se aprecia en la Figura 33.

**Figura 33. Potencia recibida UL de la estación en Sistema de Simulación en Línea.**



Fuente: [simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php](http://simulacion.ane.gov.co:8088/se/login.php)

### 4.3 SOPORTE Y MANTENIMIENTO TÉCNICO

A continuación en la Tabla 4 se presenta el resumen del soporte técnico dado por el autor al sistema de simulación en línea durante el desarrollo del proyecto con base en la Tabla 5 del anexo técnico.

En las fallas de prioridad 1 se tiene que el promedio en que se daba solución a un soporte de este tipo fue de 3 horas. Para las fallas de prioridad 2 el promedio de tiempo que se tardó en solucionar un soporte de este tipo fue de aproximadamente 10 horas. De los 13 soportes realizados de este tipo, en 2 debió realizarse nuevos desarrollos para solucionar los soportes.

**Tabla 4. Resumen soporte técnico Sistema de simulación en Línea.**

Prioridad Falla	Tiempo promedio diagnostico falla(horas)	Tiempo promedio en solucionar falla(Horas)	Numero de soportes realizados
1	1	2	3
2	2	8	13
3	NA	22	20

En los soportes de fallas de prioridad 3 solo 4 soportes requirieron la realización de cambios en los componentes de bajo nivel de la herramienta, teniendo un tiempo promedio de 50 horas para solucionar la falla reportada, con lo cual para las fallas que solo requerían cambios en la interfaz se tuvo un tiempo promedio en la solución de la falla reportada de 15 horas.

## 5. CONCLUSIONES

Se presenta la aplicación de metodologías ágiles de desarrollo de software en la implementación en el sistema de simulación en línea de la ANE, de un módulo para automatizar el análisis de ingeniería del servicio de televisión además de agregar la opción de simular coberturas y realizar estudios de interferencia en las bandas VHF/UHF con los parámetros técnicos utilizados por la ANE.

Al usar las metodologías ágiles de desarrollo de software en un proyecto debemos tener presente que estas no son un marco de trabajo rígido por lo cual no debemos adaptar el proyecto de software a una metodología ágil de software específica, por el contrario, debemos adaptar las metodologías al proyecto pues se tiene la versatilidad de poder combinar varias metodologías dentro de un mismo proyecto tal y como se hizo en la implementación de los nuevos módulos. Una de las características en la aplicación de metodologías ágiles de desarrollo de software es la falta de documentación acerca del desarrollo del proyecto, la cual se suple con la interacción continua de los involucrados en el mismo.

Al realizar el módulo de simulación se tuvo que trabajar conjuntamente entre TES américa andina SAS y ATDI. La interacción entre los desarrolladores fue poca debido a que se debían comunicar a través de terceros (área comercial de las 2 empresas). Por ello ATDI se encargó de realizar los desarrollos de componentes de bajo nivel en dicho modulo y entregar una herramienta funcional básica para realizar simulaciones de cobertura y estudios de interferencia en las bandas VHF/UHF con base en la Recomendación UIT-R P.1546-4 y TES américa andina SAS se encargó de adaptarlo a las necesidades de la ANE.

La metodología implementada fue importante para adaptar el proyecto ante las modificaciones constantes en los requerimientos que generaba el cliente. Además de los cambios que se tuvieron en las condiciones en que se debía realizar el proyecto.

Al realizar el soporte de la herramienta se evidencio que alrededor de la mitad de las fallas de tipo 1 reportadas fueron causadas por el mal uso del sistema de simulación en línea. Por ello, se realizó una capacitación a los funcionarios de la ANE y los PRST en el manejo de la herramienta. Además, de realizar el cambio de los manuales de usuario del sistema de simulación en línea para hacerlos más

didácticos. En cuanto a las fallas de tipo 2, se tuvo que algunas fallas ocurrían de manera sistemática en el sistema de simulación en línea, debido a que los usuarios ingresaban información no válida para la herramienta. Al no utilizar o utilizar de manera errónea los módulos para estas acciones con las que cuenta el sistema de simulación en línea. Por ello, se sugirió mejorar dichos módulos agregando validaciones que no permitan almacenar en la base de datos del sistema información errónea para la herramienta.

## LISTA DE ACRONIMOS

**ANE:** Agencia Nacional del Espectro.

**ANTV:** Autoridad Nacional de Televisión.

**BLL:** *Bussines Logic Layer.*

**CCTR:** Cuadro de Características Técnicas de la ed.

**CMMI:** *Capability Maturity Model Integration.*

**CNABF:** Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias.

**DAL:** *Data Acces Layer.*

**DT:** *Development Team.*

**HAAT:** Altura de la Antena Sobre el Promedio del Terreno.

**ITU:** *International Telecommunication Union.*

**MSF:** *Microsoft Solution Framework.*

**Ministerio TIC:** Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

**MSNM:** Metros Sobre el Nivel del Mar.

**PB:** *Product Backlog.*

**PO:** *Product Owner.*

**PRA:** Potencia Radiada Aparente.

**PRST:** Proveedores de Redes y Servicios de Telecomunicaciones.

**SB:** *Sprint Backlog.*

**SH:** *Stakeholders.*

**SGE:** Sistema de Gestión del Espectro.

**UI:** *User Interface.*

**XP:** *Extrem Programming.*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agilemanifesto.org. (2017). Manifiesto por el Desarrollo Ágil de Software. [online] Available at: <http://agilemanifesto.org/iso/es/manifiesto.html> [Accessed 15 May 2017].
- Atdi.com. (2017). Spectrum-E | ATDI. [online] Available at: <http://www.atdi.com/spectrum-e/> [Accessed 4 May 2017].
- Canós, J. H., Letelier, P., & Penadés, M. C. (2003). Metodologías ágiles en el desarrollo de software. *Metodologías Ágiles en el Desarrollo de Software*, 1(10), 1-8.
- Paulk, M. (1993). Capability maturity model for software. *Encyclopedia of Software Engineering*.
- Chacón-Córdoba, R. A. (2011). Metodología base de gestión de proyectos para una empresa de desarrollo de software.
- Chrissis, M. B., Konrad, M., & Shrum, S. (2011). *CMMI for development: guidelines for process integration and product improvement*. Pearson Education.
- Chrissis, M. B., Konrad, M., & Shrum, S. (2012). *CMMI® para desarrollo: guía para la integración de procesos y la mejora de productos*. Editorial Universitaria Ramón Areces.
- COLOMBIA. Decreto N° 4169. Diario Oficial de la Republica de Colombia. Bogotá, Colombia. 3 de noviembre de 2011.
- COLOMBIA. Ley N° 1285. Diario Oficial de la Republica de Colombia. Bogotá, Colombia. 20 de enero de 1995.
- COLOMBIA. Ley N° 1341. Diario Oficial de la Republica de Colombia. Bogotá, Colombia. 30 de julio de 2009.
- ANE, A. (2016). *CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIA ACTUALIZACIÓN JULIO 2016*. Bogota: ANE.
- Devx.com. (2017). A Practical Guide to Seven Agile Methodologies, Part 2: Page 2. [online] Available at: <http://www.devx.com/architect/Article/32836/0/page/2> [Accessed 12 May 2017].
- Docs.mongodb.com. (2017). Introduction to MongoDB — MongoDB Manual 3.4. [online] Available at: <https://docs.mongodb.com/manual/introduction/> [Accessed 4 May 2017].
- Extremeprogramming.org. (2017). Extreme Programming: A Gentle Introduction.. [online] Available at: <http://www.extremeprogramming.org/> [Accessed 12 May 2017].
- Fernández Martínez, J. D., Cadavid, A. N., & Morales Vélez, J. (2013). Revisión de metodologías ágiles para el desarrollo de software.



- Fowler, M. (2017). The New Methodology. [online] martinowler.com. Available at: <https://www.martinfowler.com/articles/newMethodology.html> [Accessed 12 May 2017].
- Garrido, J. C. (2004). Arquitectura y diseño de sistemas Web modernos. InforMAS, Revista de Ingeniería Informática del CIIRM, (1).
- Group, D. (2017). About the Apache HTTP Server Project - The Apache HTTP Server Project. [online] Httpd.apache.org. Available at: [http://httpd.apache.org/ABOUT\\_APACHE.html](http://httpd.apache.org/ABOUT_APACHE.html) [Accessed 16 May 2017].
- Mora, S. L. (2002). Programación de aplicaciones web: historia, principios básicos y clientes web. Editorial Club Universitario.
- Netbeans.org. (2017). NetBeans IDE - Overview. [online] Available at: <https://netbeans.org/features/index.html> [Accessed 16 May 2017].
- Php.net. (2017). PHP: ¿Qué es PHP? - Manual. [online] Available at: <http://php.net/manual/es/intro-what-is.php> [Accessed 4 May 2017].
- Santimacnet's Blog. (2017). Microsoft Solutions Framework 5.0 (MSF). [online] Available at: <https://santimacnet.wordpress.com/2010/12/20/microsoft-solutions-framework-5-0-msf/> [Accessed 12 May 2017].
- Sciatel.wikispaces.com. (2017). sciatel - APLICACIÓN WEB. [online] Available at: <https://sciatel.wikispaces.com/APLICACION+C3%93N+WEB> [Accessed 16 May 2017].
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2013). La guía de scrum: La guía definitiva de scrum, las reglas del juego.
- Tesamerica.com.co. (2017). Quienes somos - tesamerica.com.co. [online] Available at: <http://www.tesamerica.com.co/> [Accessed 4 May 2017].
- Uribe, E. H., & Ayala, L. E. V. (2007). Del manifiesto ágil sus valores y principios. Scientia et technica, 1(34).
- Wells, C. (2017). Development Methodologies. [online] Technologyuk.net. Available at: <https://www.technologyuk.net/computing/sad/methodologies.shtml> [Accessed 12 May 2017].

## ANEXOS

### ANEXO TECNICO

Las características del servicio a prestar, deben cumplir con las siguientes especificaciones:

1. A continuación se relacionan las condiciones del soporte técnico a ser prestado para la atención a fallas:

a. La disponibilidad para el soporte en el evento que se presente alguna falla debe ser de 5x8 de lunes a viernes.

b. Tiempo de atención y solución de fallas.

La columna Tipo 1, muestra el tiempo máximo que dispone el proveedor para recibir y diagnosticar fallas en un servicio, una vez éste haya sufrido una indisponibilidad. Su métrica se da en horas y depende del tipo de falla.

La columna Tipo 2, muestra el tiempo máximo que dispone el proveedor para solucionar la falla. Este tiempo se computa desde el momento del diagnóstico de la falla.

Para establecer los indicadores correspondientes, se han definido 3 niveles de falla de acuerdo con la afectación o severidad del problema presentado y la prioridad que debe dársele a la solución de la misma.

**Tabla 5. Tipos de fallas.**

Caracterización de la Falla				
Prioridad	Efecto	Descripción	Tipo 1	Tipo 2
1	Falla grave	Se entiende que el servicio prestado por el aplicativo ha dejado de funcionar y no se puede acceder al mismo, o accediendo no se permiten el uso de todas sus funcionalidades.	1 horas	3 horas
2	Operación degradada	Servicio restringido; presenta fallas intermitentes que impiden a algunos usuarios el uso del aplicativo y la solución no requiere desarrollo	3 horas	5 horas
		Servicio restringido; presenta fallas intermitentes que impiden a algunos usuarios el uso del aplicativo y la solución requiere desarrollo	3 horas	48 horas
3	Mejora no funcional	Se entiende como la que no afecta ni degrada la prestación del servicio.	El tiempo de respuesta se acordara entre las partes.	

Se aclara que las fallas de prioridad 3 cuyo efecto es una mejora o modificación no funcional, la cual se entiende como la que no afecta ni degrada la prestación del

servicio. Se definen dos clases de fallas de prioridad 3: aquellas que se solucionan modificando únicamente la interfaz gráfica de la aplicación y aquellas que requieren intervención en los componentes de bajo nivel de la misma.

Para las fallas que se solucionan modificando únicamente la interfaz de la aplicación se define un tiempo máximo de entrega de una (1) semana para un máximo de 15 solicitudes por semana. Para una cantidad mayor se establecerá de mutuo acuerdo los tiempos de entrega.

Para las fallas que se solucionan modificando los componentes de bajo nivel se define un tiempo máximo de solución de dos (2) semanas para un máximo de 5 solicitudes por semana. Para una cantidad mayor se establecerá de mutuo acuerdo los tiempos de entrega.

c. Todo requerimiento deberá ser coordinado previamente con el supervisor del contrato, con el fin de no generar traumatismos en la normal prestación de los servicios de la entidad.

d. El proveedor deberá prestar el servicio de soporte a través de medio telefónico o a través de la web o por correo electrónico o presencial en la administración, configuración, resolución de problemas de software, de manera ilimitada durante el tiempo de garantía de la solución implementada.

e. Todo soporte técnico que requiera apagado del equipo donde se encuentre instalada la solución implementada deberá ser coordinado previamente con el supervisor del contrato, con el fin de no generar traumatismos en la normal prestación de los servicios de la entidad.

f. Los costos en que incurra el contratista para atender cualquier solicitud de soporte, mantenimiento correctivo o preventivo, ya sea mano de obra, traslados, e insumos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de la herramienta de desarrollo y la solución implementada, durante la ejecución y el período de soporte y garantía de estos software, correrán por cuenta del contratista, por lo tanto, no tendrá costo adicional para la entidad.

El proveedor deberá informar oportunamente sobre las vulnerabilidades que afecten la herramienta de desarrollo y la solución implementada, aplicando los correctivos necesarios ajustándose al modelo de seguridad implementado en la entidad, durante el periodo de ejecución del contrato.

## 2. Actividades de mantenimiento:

a) El contratista realizará las actualizaciones que requiera el Sistema de Simulación en Línea, ya sea por actualizaciones propias de los servidores donde se encuentra alojada la herramienta o por actualización o cambio de alguno de los infraestructura tecnológica de la ANE, por ajustes que el Ministerio TIC realice a la herramienta SGE y que influyan al normal funcionamiento de la herramienta, por cambios en los navegadores web o por cambios en los protocolos de internet que pueda realizar la entidad.

- b) El contratista, incluirá mejoras continuas y soporte preventivo de los componentes y funcionalidades de la herramienta.
  - c) Actualización, administración, monitoreo, reindexación, compactación de la base de datos del módulo de Televisión en caso que se necesite.
3. El contratista realizará la siguiente mejora: en la herramienta en el módulo de microondas para que existan advertencias de asignación bajo condiciones “Hi-Lo violation”, entre el enlace propuesto y los enlaces existentes.
  4. Se deberán ajustar los parámetros de interferencia de acuerdo con los resultados de las pruebas de simulación que se realicen entre el supervisor y el contratista, lo anterior, para robustecer los parámetros a valores más restrictivos.
  5. Agregar al módulo de simulación la opción de simular señales digitales en las bandas VHF/UHF (Tabla 3A, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13 del CNABF) Mediante parámetros ITU.RP1546-5 (servicio punto- multipunto).

TABLA 3A

PLAN DE BANDA. (138 – 174 MHz)

Bandas Duplex

Banda	Rango de frecuencias Bajo (MHz)		Rango de frecuencias Alto (MHz)		Separación (MHz)
A	138	139	141	142	3
B	143	144	148	149	5
C <sup>3</sup>	150,05	153,05	155,05	158,05	5
D	160	162	163	165	3
E	166	169	171	174	5

Bandas Simplex

Banda	Rango de frecuencias (MHz)	
S1	139	141
S2	142	143
S3	149	149,9
S4	151,4875	151,5625
S5	151,7625	151,8375
S6	153,05	155,05
S7	158,05	160
S8	162	163
S9	165	166
S10	169	171

---

<sup>3</sup> La banda C no es continua, se encuentra particionada en 3 sub-bandas debido a la existencia de atribuciones a servicios diferentes a los que aplica esta canalización.

TABLA 11

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES SERVICIOS FIJO Y MÓVIL (ACCESO TRONCALIZADO)  
 BANDA DE 400 MHz. (412 – 415 MHz y 422 – 425 MHz)  
 RESOLUCIÓN 1966 DE 2002, MINISTERIO DE COMUNICACIONES  
 ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 0,0125 MHz

Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)	Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
1	412,0125	1'	422,0125	36	412,4500	36'	422,4500
2	412,0250	2'	422,0250	37	412,4625	37'	422,4625
3	412,0375	3'	422,0375	38	412,4750	38'	422,4750
4	412,0500	4'	422,0500	39	412,4875	39'	422,4875
5	412,0625	5'	422,0625	40	412,5000	40'	422,5000
6	412,0750	6'	422,0750	41	412,5125	41'	422,5125
7	412,0875	7'	422,0875	42	412,5250	42'	422,5250
8	412,1000	8'	422,1000	43	412,5375	43'	422,5375
9	412,1125	9'	422,1125	44	412,5500	44'	422,5500
10	412,1250	10'	422,1250	45	412,5625	45'	422,5625
11	412,1375	11'	422,1375	46	412,5750	46'	422,5750
12	412,1500	12'	422,1500	47	412,5875	47'	422,5875
13	412,1625	13'	422,1625	48	412,6000	48'	422,6000
14	412,1750	14'	422,1750	49	412,6125	49'	422,6125
15	412,1875	15'	422,1875	50	412,6250	50'	422,6250
16	412,2000	16'	422,2000	51	412,6375	51'	422,6375
17	412,2125	17'	422,2125	52	412,6500	52'	422,6500
18	412,2250	18'	422,2250	53	412,6625	53'	422,6625
19	412,2375	19'	422,2375	54	412,6750	54'	422,6750
20	412,2500	20'	422,2500	55	412,6875	55'	422,6875
21	412,2625	21'	422,2625	56	412,7000	56'	422,7000
22	412,2750	22'	422,2750	57	412,7125	57'	422,7125
23	412,2875	23'	422,2875	58	412,7250	58'	422,7250
24	412,3000	24'	422,3000	59	412,7375	59'	422,7375
25	412,3125	25'	422,3125	60	412,7500	60'	422,7500
26	412,3250	26'	422,3250	61	412,7625	61'	422,7625
27	412,3375	27'	422,3375	62	412,7750	62'	422,7750
28	412,3500	28'	422,3500	63	412,7875	63'	422,7875
29	412,3625	29'	422,3625	64	412,8000	64'	422,8000
30	412,3750	30'	422,3750	65	412,8125	65'	422,8125
31	412,3875	31'	422,3875	66	412,8250	66'	422,8250
32	412,4000	32'	422,4000	67	412,8375	67'	422,8375
33	412,4125	33'	422,4125	68	412,8500	68'	422,8500
34	412,4250	34'	422,4250	69	412,8625	69'	422,8625
35	412,4375	35'	422,4375	70	412,8750	70'	422,8750

TABLA 11

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES SERVICIOS FIJO Y MÓVIL (ACCESO TRONCALIZADO)  
 BANDA DE 400 MHz. (412 – 415 MHz y 422 – 425 MHz)  
 RESOLUCIÓN 1966 DE 2002, MINISTERIO DE COMUNICACIONES  
 ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 0,0125 MHz

Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)	Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
71	412,8875	71'	422,8875	106	413,3250	106'	423,3250
72	412,9000	72'	422,9000	107	413,3375	107'	423,3375
73	412,9125	73'	422,9125	108	413,3500	108'	423,3500
74	412,9250	74'	422,9250	109	413,3625	109'	423,3625
75	412,9375	75'	422,9375	110	413,3750	110'	423,3750
76	412,9500	76'	422,9500	111	413,3875	111'	423,3875
77	412,9625	77'	422,9625	112	413,4000	112'	423,4000
78	412,9750	78'	422,9750	113	413,4125	113'	423,4125
79	412,9875	79'	422,9875	114	413,4250	114'	423,4250
80	413,0000	80'	423,0000	115	413,4375	115'	423,4375
81	413,0125	81'	423,0125	116	413,4500	116'	423,4500
82	413,0250	82'	423,0250	117	413,4625	117'	423,4625
83	413,0375	83'	423,0375	118	413,4750	118'	423,4750
84	413,0500	84'	423,0500	119	413,4875	119'	423,4875
85	413,0625	85'	423,0625	120	413,5000	120'	423,5000
86	413,0750	86'	423,0750	121	413,5125	121'	423,5125
87	413,0875	87'	423,0875	122	413,5250	122'	423,5250
88	413,1000	88'	423,1000	123	413,5375	123'	423,5375
89	413,1125	89'	423,1125	124	413,5500	124'	423,5500
90	413,1250	90'	423,1250	125	413,5625	125'	423,5625
91	413,1375	91'	423,1375	126	413,5750	126'	423,5750
92	413,1500	92'	423,1500	127	413,5875	127'	423,5875
93	413,1625	93'	423,1625	128	413,6000	128'	423,6000
94	413,1750	94'	423,1750	129	413,6125	129'	423,6125
95	413,1875	95'	423,1875	130	413,6250	130'	423,6250
96	413,2000	96'	423,2000	131	413,6375	131'	423,6375
97	413,2125	97'	423,2125	132	413,6500	132'	423,6500
98	413,2250	98'	423,2250	133	413,6625	133'	423,6625
99	413,2375	99'	423,2375	134	413,6750	134'	423,6750
100	413,2500	100'	423,2500	135	413,6875	135'	423,6875
101	413,2625	101'	423,2625	136	413,7000	136'	423,7000
102	413,2750	102'	423,2750	137	413,7125	137'	423,7125
103	413,2875	103'	423,2875	138	413,7250	138'	423,7250
104	413,3000	104'	423,3000	139	413,7375	139'	423,7375
105	413,3125	105'	423,3125	140	413,7500	140'	423,7500

TABLA 11

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES SERVICIOS FIJO Y MÓVIL (ACCESO TRONCALIZADO)  
BANDA DE 400 MHz. (412 – 415 MHz y 422 – 425 MHz)  
RESOLUCIÓN 1966 DE 2002, MINISTERIO DE COMUNICACIONES  
ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 0,0125 MHz

Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)	Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
141	413,7625	141'	423,7625	176	414,2000	176'	424,2000
142	413,7750	142'	423,7750	177	414,2125	177'	424,2125
143	413,7875	143'	423,7875	178	414,2250	178'	424,2250
144	413,8000	144'	423,8000	179	414,2375	179'	424,2375
145	413,8125	145'	423,8125	180	414,2500	180'	424,2500
146	413,8250	146'	423,8250	181	414,2625	181'	424,2625
147	413,8375	147'	423,8375	182	414,2750	182'	424,2750
148	413,8500	148'	423,8500	183	414,2875	183'	424,2875
149	413,8625	149'	423,8625	184	414,3000	184'	424,3000
150	413,8750	150'	423,8750	185	414,3125	185'	424,3125
151	413,8875	151'	423,8875	186	414,3250	186'	424,3250
152	413,9000	152'	423,9000	187	414,3375	187'	424,3375
153	413,9125	153'	423,9125	188	414,3500	188'	424,3500
154	413,9250	154'	423,9250	189	414,3625	189'	424,3625
155	413,9375	155'	423,9375	190	414,3750	190'	424,3750
156	413,9500	156'	423,9500	191	414,3875	191'	424,3875
157	413,9625	157'	423,9625	192	414,4000	192'	424,4000
158	413,9750	158'	423,9750	193	414,4125	193'	424,4125
159	413,9875	159'	423,9875	194	414,4250	194'	424,4250
160	414,0000	160'	424,0000	195	414,4375	195'	424,4375
161	414,0125	161'	424,0125	196	414,4500	196'	424,4500
162	414,0250	162'	424,0250	197	414,4625	197'	424,4625
163	414,0375	163'	424,0375	198	414,4750	198'	424,4750
164	414,0500	164'	424,0500	199	414,4875	199'	424,4875
165	414,0625	165'	424,0625	200	414,5000	200'	424,5000
166	414,0750	166'	424,0750	201	414,5125	201'	424,5125
167	414,0875	167'	424,0875	202	414,5250	202'	424,5250
168	414,1000	168'	424,1000	203	414,5375	203'	424,5375
169	414,1125	169'	424,1125	204	414,5500	204'	424,5500
170	414,1250	170'	424,1250	205	414,5625	205'	424,5625
171	414,1375	171'	424,1375	206	414,5750	206'	424,5750
172	414,1500	172'	424,1500	207	414,5875	207'	424,5875
173	414,1625	173'	424,1625	208	414,6000	208'	424,6000
174	414,1750	174'	424,1750	209	414,6125	209'	424,6125
175	414,1875	175'	424,1875	210	414,6250	210'	424,6250



TABLA 11

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES SERVICIOS FIJO Y MÓVIL (ACCESO TRONCALIZADO)  
 BANDA DE 400 MHz. (412 – 415 MHz y 422 – 425 MHz)  
 RESOLUCIÓN 1966 DE 2002, MINISTERIO DE COMUNICACIONES  
 ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 0,0125 MHz

Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)	Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
211	414,6375	211'	424,6375	226	414,8250	226'	424,8250
212	414,6500	212'	424,6500	227	414,8375	227'	424,8375
213	414,6625	213'	424,6625	228	414,8500	228'	424,8500
214	414,6750	214'	424,6750	229	414,8625	229'	424,8625
215	414,6875	215'	424,6875	230	414,8750	230'	424,8750
216	414,7000	216'	424,7000	231	414,8875	231'	424,8875
217	414,7125	217'	424,7125	232	414,9000	232'	424,9000
218	414,7250	218'	424,7250	233	414,9125	233'	424,9125
219	414,7375	219'	424,7375	234	414,9250	234'	424,9250
220	414,7500	220'	424,7500	235	414,9375	235'	424,9375
221	414,7625	221'	424,7625	236	414,9500	236'	424,9500
222	414,7750	222'	424,7750	237	414,9625	237'	424,9625
223	414,7875	223'	424,7875	238	414,9750	238'	424,9750
224	414,8000	224'	424,8000	239	414,9875	239'	424,9875
225	414,8125	225'	424,8125	240	415,0000	240'	425,0000

TABLA 12

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES SERVICIOS FIJO Y MÓVIL (ACCESO TRONCALIZADO)  
BANDA DE 400 MHz. (415 – 420 MHz y 425 – 430 MHz)  
RESOLUCIÓN 1966 DE 2002, MINISTERIO DE COMUNICACIONES  
ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 0,0250 MHz

Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)	Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
1	415,0250	1'	425,0250	36	415,9000	36'	425,9000
2	415,0500	2'	425,0500	37	415,9250	37'	425,9250
3	415,0750	3'	425,0750	38	415,9500	38'	425,9500
4	415,1000	4'	425,1000	39	415,9750	39'	425,9750
5	415,1250	5'	425,1250	40	416,0000	40'	426,0000
6	415,1500	6'	425,1500	41	416,0250	41'	426,0250
7	415,1750	7'	425,1750	42	416,0500	42'	426,0500
8	415,2000	8'	425,2000	43	416,0750	43'	426,0750
9	415,2250	9'	425,2250	44	416,1000	44'	426,1000
10	415,2500	10'	425,2500	45	416,1250	45'	426,1250
11	415,2750	11'	425,2750	46	416,1500	46'	426,1500
12	415,3000	12'	425,3000	47	416,1750	47'	426,1750
13	415,3250	13'	425,3250	48	416,2000	48'	426,2000
14	415,3500	14'	425,3500	49	416,2250	49'	426,2250
15	415,3750	15'	425,3750	50	416,2500	50'	426,2500
16	415,4000	16'	425,4000	51	416,2750	51'	426,2750
17	415,4250	17'	425,4250	52	416,3000	52'	426,3000
18	415,4500	18'	425,4500	53	416,3250	53'	426,3250
19	415,4750	19'	425,4750	54	416,3500	54'	426,3500
20	415,5000	20'	425,5000	55	416,3750	55'	426,3750
21	415,5250	21'	425,5250	56	416,4000	56'	426,4000
22	415,5500	22'	425,5500	57	416,4250	57'	426,4250
23	415,5750	23'	425,5750	58	416,4500	58'	426,4500
24	415,6000	24'	425,6000	59	416,4750	59'	426,4750
25	415,6250	25'	425,6250	60	416,5000	60'	426,5000
26	415,6500	26'	425,6500	61	416,5250	61'	426,5250
27	415,6750	27'	425,6750	62	416,5500	62'	426,5500
28	415,7000	28'	425,7000	63	416,5750	63'	426,5750
29	415,7250	29'	425,7250	64	416,6000	64'	426,6000
30	415,7500	30'	425,7500	65	416,6250	65'	426,6250
31	415,7750	31'	425,7750	66	416,6500	66'	426,6500
32	415,8000	32'	425,8000	67	416,6750	67'	426,6750
33	415,8250	33'	425,8250	68	416,7000	68'	426,7000
34	415,8500	34'	425,8500	69	416,7250	69'	426,7250
35	415,8750	35'	425,8750	70	416,7500	70'	426,7500

TABLA 12

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES SERVICIOS FIJO Y MÓVIL (ACCESO TRONCALIZADO)  
BANDA DE 400 MHz. (415 – 420 MHz y 425 – 430 MHz)  
RESOLUCIÓN 1966 DE 2002, MINISTERIO DE COMUNICACIONES  
ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 0,0250 MHz

Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)	Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
71	416,7750	71'	426,7750	106	417,6500	106'	427,6500
72	416,8000	72'	426,8000	107	417,6750	107'	427,6750
73	416,8250	73'	426,8250	108	417,7000	108'	427,7000
74	416,8500	74'	426,8500	109	417,7250	109'	427,7250
75	416,8750	75'	426,8750	110	417,7500	110'	427,7500
76	416,9000	76'	426,9000	111	417,7750	111'	427,7750
77	416,9250	77'	426,9250	112	417,8000	112'	427,8000
78	416,9500	78'	426,9500	113	417,8250	113'	427,8250
79	416,9750	79'	426,9750	114	417,8500	114'	427,8500
80	417,0000	80'	427,0000	115	417,8750	115'	427,8750
81	417,0250	81'	427,0250	116	417,9000	116'	427,9000
82	417,0500	82'	427,0500	117	417,9250	117'	427,9250
83	417,0750	83'	427,0750	118	417,9500	118'	427,9500
84	417,1000	84'	427,1000	119	417,9750	119'	427,9750
85	417,1250	85'	427,1250	120	418,0000	120'	428,0000
86	417,1500	86'	427,1500	121	418,0250	121'	428,0250
87	417,1750	87'	427,1750	122	418,0500	122'	428,0500
88	417,2000	88'	427,2000	123	418,0750	123'	428,0750
89	417,2250	89'	427,2250	124	418,1000	124'	428,1000
90	417,2500	90'	427,2500	125	418,1250	125'	428,1250
91	417,2750	91'	427,2750	126	418,1500	126'	428,1500
92	417,3000	92'	427,3000	127	418,1750	127'	428,1750
93	417,3250	93'	427,3250	128	418,2000	128'	428,2000
94	417,3500	94'	427,3500	129	418,2250	129'	428,2250
95	417,3750	95'	427,3750	130	418,2500	130'	428,2500
96	417,4000	96'	427,4000	131	418,2750	131'	428,2750
97	417,4250	97'	427,4250	132	418,3000	132'	428,3000
98	417,4500	98'	427,4500	133	418,3250	133'	428,3250
99	417,4750	99'	427,4750	134	418,3500	134'	428,3500
100	417,5000	100'	427,5000	135	418,3750	135'	428,3750
101	417,5250	101'	427,5250	136	418,4000	136'	428,4000
102	417,5500	102'	427,5500	137	418,4250	137'	428,4250
103	417,5750	103'	427,5750	138	418,4500	138'	428,4500
104	417,6000	104'	427,6000	139	418,4750	139'	428,4750
105	417,6250	105'	427,6250	140	418,5000	140'	428,5000

TABLA 12

PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES SERVICIOS FIJO Y MÓVIL (ACCESO TRONCALIZADO)  
 BANDA DE 400 MHz. (415 – 420 MHz y 425 – 430 MHz)  
 RESOLUCIÓN 1966 DE 2002, MINISTERIO DE COMUNICACIONES  
 ANCHO DE BANDA DEL CANAL: 0,0250 MHz

Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)	Canal (n)	fn (MHz)	Canal (n')	fn' (MHz)
141	418,5250	141'	428,5250	176	419,4000	176'	429,4000
142	418,5500	142'	428,5500	177	419,4250	177'	429,4250
143	418,5750	143'	428,5750	178	419,4500	178'	429,4500
144	418,6000	144'	428,6000	179	419,4750	179'	429,4750
145	418,6250	145'	428,6250	180	419,5000	180'	429,5000
146	418,6500	146'	428,6500	181	419,5250	181'	429,5250
147	418,6750	147'	428,6750	182	419,5500	182'	429,5500
148	418,7000	148'	428,7000	183	419,5750	183'	429,5750
149	418,7250	149'	428,7250	184	419,6000	184'	429,6000
150	418,7500	150'	428,7500	185	419,6250	185'	429,6250
151	418,7750	151'	428,7750	186	419,6500	186'	429,6500
152	418,8000	152'	428,8000	187	419,6750	187'	429,6750
153	418,8250	153'	428,8250	188	419,7000	188'	429,7000
154	418,8500	154'	428,8500	189	419,7250	189'	429,7250
155	418,8750	155'	428,8750	190	419,7500	190'	429,7500
156	418,9000	156'	428,9000	191	419,7750	191'	429,7750
157	418,9250	157'	428,9250	192	419,8000	192'	429,8000
158	418,9500	158'	428,9500	193	419,8250	193'	429,8250
159	418,9750	159'	428,9750	194	419,8500	194'	429,8500
160	419,0000	160'	429,0000	195	419,8750	195'	429,8750
161	419,0250	161'	429,0250	196	419,9000	196'	429,9000
162	419,0500	162'	429,0500	197	419,9250	197'	429,9250
163	419,0750	163'	429,0750	198	419,9500	198'	429,9500
164	419,1000	164'	429,1000	199	419,9750	199'	429,9750
165	419,1250	165'	429,1250	200	420,0000	200'	430,0000
166	419,1500	166'	429,1500				
167	419,1750	167'	429,1750				
168	419,2000	168'	429,2000				
169	419,2250	169'	429,2250				
170	419,2500	170'	429,2500				
171	419,2750	171'	429,2750				
172	419,3000	172'	429,3000				
173	419,3250	173'	429,3250				
174	419,3500	174'	429,3500				
175	419,3750	175'	429,3750				

TABLA 13

PLAN DE BANDA. (440 – 470 MHz)

Banda	Rango de frecuencias	Modo de uso
A	440 a 443 MHz	Duplex con la banda A' con separacion de 5MHz
S1	443 a 445 MHz	Simplex
A'	445 a 448 MHz	Duplex con la banda A con separacion de 5MHz
S2	448 a 450 MHz	Simplex
S3	450 a 450,6 MHz	Simplex
B	450,6 a 451,9 MHz	Duplex con la banda B' con separacion de 10MHz
C	451,9 a 452,5 MHz	Duplex con la banda C' con separacion de 7,5MHz
IMT	452,5 a 457,5 MHz	
D	457,5 a 459,4 MHz	Banda reservada
C'	459,4 a 460 MHz	Duplex con la banda C con separacion de 7,5MHz
S4	460 a 460,6 MHz	Simplex
B'	460,6 a 461,9 MHz	Duplex con la banda B con separacion de 10MHz
S5	461,9 a 462,5 MHz	Simplex
IMT	462,5 a 467,5MHz	
D'	467,5 a 469,4 MHz	Banda reservada